उस विषयका सम्बन्ध क्या है और उसकी उपयोगिता क्या है। इसी विचारसे प्रस्तुत पुस्तकमें भी विषयको रोचक बनानेके लिए भूमिका बांधनेका प्रयत्न किया गया है। आशा है कि इससे शुष्क वैज्ञानिक प्रयोग भी रोचक लगेंगे और जनतामें विज्ञान सीखनेकी इच्छा बढ़ेगी।

(३) सिद्धान्त समझ लेनेके पश्चात् उसको पूरी तरह चित्तमें जमानेके लिए अभ्यास करनेकी आवश्यकता होती है, इसलिए ७३ किये हुए और वर्णित प्रयोगोंके सिवा अभ्यासार्थ प्रयोग और प्रश्न भी प्रचुरताके साथ दिये गये हैं जिनसे यह भी पता लगाया जा सकता है कि एक ही बात कितने प्रकारके प्रयोगों से जानी जा सकती है।

(४) शिक्षा विभागने अंग्रेज़ीकी सातवीं, आठवीं कक्षाओंमें हिन्दी उर्दू भाषाओंमें वैज्ञानिक शिक्षा देनेका नियम कर दिया है परन्तु उनमें पारिभाषिक शब्द अंग्रेज़ीमें बतलाये जाते हैं। इस विचारसे कि प्रस्तुत पुस्तक वहां भी काम दे सके हिन्दी पारिभाषिक शब्दोंके साथ साथ कोष्ठ में अंग्रेज़ी शब्द भी रख दिये गये हैं किन्तु इससे केवल हिन्दी जाननेवालोंको कोई कठिनाई नहीं पड़ सकती। आशा है कि इस प्रबन्धसे अंग्रेज़ी स्कूलके लड़के भी लाभ उठावेंगे। हिन्दी पारिभाषिक शब्दोंका सर्वथा परित्याग सम्भव नहीं है। क्योंकि ऐसे शब्दोंका निर्धारण और व्यवहार विज्ञान परिषत्‌का एक प्रधान उद्देश्य है।

(५) इस पुस्तकका नाम "विज्ञान प्रवेशिका दूसरा भाग" रखा गया है क्योंकि इसमें ऐसे विषय रखे गये हैं जिनसे पहले पहल जानकारी कर लेना विज्ञानकी प्रत्येक शाखामें प्रवेश करनेवालोंको आवश्यक है।, इसीलिए

नाप और तोल

(१) लम्बाई

१० सहस्राशमीटर (मिलीमीटर) = १ शताशमीटर (सेंटीमीटर)
१० शतांशमीटर (सेंटीमीटर) = १ दशांशमीटर (डेसीमीटर)
१० दशांशमीटर (डेसीमीटर) = १ मीटर
= ३९·३७ इंच

(२) आयतन

१ घन सेंटीमीटर पानी = १ ग्राम (तोलमें)
१००० घन सेंटीमीटर पानी = १ लीटर (नापमें)

डाक्टरोंकी माप

६० बूंद = १ ड्राम , ८ ड्राम = १ औंस
२० औंस = १ पैंट ; ८ पैंट = १ *गैलन*
१ औंस पानी = आधी छटांक (लगभग)

नोट—इससे अधिक जाननेकी आवश्यकता हो तो अंकगणित कोई पुस्तक देखो।

तोल

२ चावल	=	१ धान	४ धान	=	१ रत्ती
८ रत्ती	=	१ माशा	१२ माशा	=	१ तोला
५ तोला	=	१ छटांक	१६ छटांक	=	१ सेर
४० सेर	=	१ मन	१ सेर	=	२ पौण्ड
१ हंड्रेडवेट	=	५४ सेर	१ टन	=	२७ मन
१ सेर	=	१ सहस्र ग्राम ; १ रुपया = ९२ माशे (तोलमें)			
१० ग्राम	=	१ दशग्राम	१० दशग्राम	=	१ शतग्राम
१० शतग्राम	=	१ सहस्र ग्राम (किलोग्राम)			

विषय-सूची

विषय	पृष्ठ
१—लम्बाई	१
२—क्षेत्रफल	४
३—घनफल, आयतन	८
४—तोल	१३
५—आपेक्षिक घनत्व	१५
६—अर्कमीदिसका सिद्धान्त	२०
७—पदार्थोंकी अवस्था	२६
८—ठोस	३३
९—पदार्थ और वस्तुमें भेद धातु और अधातु	३८
१०—द्रव और उसका शोधन	४०
११—निथारना और छानना	४३
१२—रवे जमाना	५१
१३—घोल	५५

इसपर मोहनने कहा "चार गज़ तो समझमें आया, क्योंकि आप इस छड़को गज़ कहते हैं, मगर यह कैसे मालूम हुआ कि एक गिरह ज़्यादा है ?"

यह बज़ाज़ बच्चोंपर बड़ा प्रेम करता था। मोहनके हाथमें गज़ थमाकर बोला, "देखिए, लम्बाई नापनेकेलिए इसीके बराबरके छड़ मिलते हैं, उन्हें गज़ कहते हैं। अब इस गज़में गिन लीजिए, बराबर बराबर दूरीपर १५ निशान बने हुए हैं, इनसे गज़के १६ बराबर बराबर हिस्से हुए। ये ही गिरह कहलाते हैं। इनसे वह लम्बाई नापते हैं जो गज़से कम हो।"

मोहन बोला, "और लम्बाई गिरहसे कम हुई तो ?"

उसके पिताने जवाब दिया कि गिरहसे कम इंच होता है और इंचसे भी कमको नाप सकते हैं। पर बज़ाज़ोंके यहां गिरहसे कम लम्बाईका काम नहीं पड़ता। [illegible] और गज़ ही उनकी "इकाई" हैं। बहुतेरे हाथ, [illegible] (बिलस्त या बालिश्त) और अंगुलियोंसे भी नापते हैं।

मोहन—"इकाई" क्या होती है ?

पिता—नापने जोखनेका जहां कहीं काम पड़ता है वहां कोई ख़ास नाप या वज़नको "एक" मान लेते हैं [illegible] नाप या वज़नकी चोज़ोंको उन्हींके हिसाबसे नापते हैं। जैसे "तोला" तोलनेकी इकाई मानी गई। अब अगर कोई चीज़ १२ तोले बतलायी जाय तो यह मतलब हुआ कि वह एक तोलेसे बारह गुनी भारी है। इसी तरह जहां कहीं तोलनेमें सेरोंसे काम लिया जाता है वहां सेर ही इकाई समझे जाते हैं। यह काम करनेवालों और जानकारोंके मानलेनेकी [illegible]

हैं। अब जहां गज़का काम है वहां गज़ इकाई होता है। यह धोती चार गज़ एक गिरह हुई तो मतलब यह निकला कि इसकी कुल लम्बाई गज़की चौगुनी और एक गिरहके बराबर है।

मोहन—"पनहा"* किसे कहते हैं?

पिता—"पनहा" और अरज़ चौड़ाईको कहते हैं। यह भी गज़ और गिरहसे नापा जाता है।

मोहन—बज़ाज़ने तो कहा कि गज़ "लम्बाई" ही नापनेकेलिए है, पर आप कहते हैं कि चौड़ाई भी नपती है। उसे यों कहना चाहिए था, "लम्बाई चौड़ाई नापनेकेलिए गज़ होता है।"

पिता—बल्कि ऊंचाई भी। बात यह है कि चौड़ाई मोटाई और ऊँचाई सब "लम्बाई" कहनेमें आ गये। जैसे, इस मोटी किताबको लो। चारों ओरसे इसे नाप लो, देखो, लम्बाई दो तरफ़ कम और दो तरफ़ ज़्यादा होती है। जिधर कम लम्बाई है उसे चौड़ाई कहते हैं। अब पीठके बल खड़ी कर दो। जिसे चौड़ाई कहते थे वही अब "ऊंचाई" हो गयी। या इस तरह खड़ी करो कि सिरा ऊपर हो, तो जो पहले लम्बाई थी वही अब "ऊंचाई" हो गयी। इसे मेज़पर चौरस रखकर मेज़की सतहसे किताबकी ऊपरी सतहकी ऊंचाई नाप लो,—यही "मोटाई" हुई।

मोहन—ठीक है; तो फिर ऊंचाई, नीचाई, लम्बाई, चौड़ाई, मोटाई, सब ही लम्बाईके नाम हैं। जैसे अगर हम

* नोट—ठीक फ़ारसी शब्द "पहना" है, परन्तु साधारण बोलचालमें "पनहा" कहते हैं।

इसपर मोहनने कहा "चार गज़ तो समझमें आ[illegible] क्योंकि आप इस छड़को गज कहते हैं, मगर यह कैसे मा[illegible] हुआ कि एक गिरह ज़्यादा है ?"

यह बज़ाज़ बच्चोंपर बड़ा प्रेम करता था। मोहनके हाथ गज़ थमाकर बोला, "देखिए, लम्बाई नापनेकेलिए इत[illegible] बराबरके छड़ मिलते हैं, उन्हें गज़ कहते हैं। अब इस गज़ गिन लीजिए, बराबर बराबर दूरीपर १५ निशान बने [illegible] हैं, इनसे गज़के १६ बराबर बराबर हिस्से हुए। ये [illegible] गिरह कहलाते हैं। इनसे वह लम्बाई नापते हैं जो गज़ कम हो।"

मोहन बोला, "और लम्बाई गिरहसे कम हुई तो?"

उसके पिताने जवाब दिया कि गिरहसे कम इंच हो[illegible] है और इंचसे भी कमको नाप सकते हैं। पर बज़ाज़ोंके य[illegible] गिरहसे कम लम्बाईका काम नहीं पड़ता। इसलिए गिर[illegible] और गज़ ही उनकी "इकाई" हैं। बहुतेरे हाथ, बि[illegible] (बिलस्त या बालिश्त) और अंगुलियोंसे भी नापते हैं।

मोहन—"इकाई" क्या होती है ?

पिता—नापने जोखनेका जहां कहीं काम पड़ता है व[illegible] कोई ख़ास नाप या वज़नको "एक" मान लेते हैं और ब[illegible] नाप या वज़नकी चीज़ोंको उन्हींके हिसाबसे नापते हैं। जै[illegible] "तोला" तोलनेकी इकाई मानी गई। अब अगर कोई ची[illegible] १२ तोले बतलायी जाय तो यह मतलब हुआ कि वह ए[illegible] तोलेसे बारह गुनी भारी है। इसी तरह जहां कहीं तोलने[illegible] सेरोंसे काम लिया जाता है वहां सेर ही इकाई समझे जा[illegible] हैं। यह काम करनेवालों और जानकारोंके मानलेनेकी बा[illegible]

हैं। अब जहां गज़का काम है वहां गज़ ।

यह धोती चार गज़ एक गिरह हुई तो मतलब यह निकला कि इसकी कुल लम्बाई गज़की चौगुनी और एक गिरहके बराबर है।

मोहन—"पनहा"* किसे कहते हैं ?

पिता—"पनहा" और अरज़ चौड़ाईको कहते हैं। यह भी गज़ और गिरहसे नापा जाता है।

मोहन—बज़ाज़ने तो कहा कि गज़ "लम्बाई" ही नापनेके-लिए है, पर आप कहते हैं कि चौड़ाई भी नपती है। उसे यों कहना चाहिए था, "लम्बाई चौड़ाई नापनेकेलिए गज़ होता है।"

पिता—बल्कि ऊंचाई भी। बात यह है कि चौड़ाई मोटाई और ऊँचाई सब "लम्बाई" कहनेमें आ गये। जैसे, इस मोटी किताबको लो। चारों ओरसे इसे नाप लो, देखो, लम्बाई दो तरफ़ कम और दो तरफ़ ज़्यादा होती है। जिधर कम लम्बाई है उसे चौड़ाई कहते हैं। अब पीठके बल खड़ी कर दो। जिसे चौड़ाई कहते थे वही अब "ऊंचाई" हो गयी। यों इस तरह खड़ी करो कि सिरा ऊपर हो, तो जो पहले लम्बाई थी वही अब "ऊंचाई" हो गयी। इसे मेज़पर चौरस रखकर मेज़की सतहसे किताबकी ऊपरी सतहकी ऊंचाई नाप लो,—यही "मोटाई" हुई।

मोहन—ठीक है, तो फिर ऊंचाई, नीचाई, लम्बाई, चौड़ाई, मोटाई, सब ही लम्बाईके नाम हैं। जैसे अगर हम

---

* नोट—ठीक फ़ारसी शब्द "पहना" है, परन्तु साधारण बोलचालमें "पनहा" कहते हैं।

मैं तुमको एक तेज़ चाकू और दफ़्ती देता हूँ। देखो, इसमेंसे अपने फ़ुटके सहारे नापकर एक इंच लंबा और एक इंच चौड़ा टुकड़ा काट लो। इसे तुम अपनी किताबपर रक्खो। बतलाओ यह कितनी जगह घेरता है?

मोहनने कहा, "गुरुजी, यह एक इंच लंबी और एक इंच चौड़ी जगह घेरता है।"

गुरुजी—ठीक है, पर बोलचालमें इस प्रकार भी कहते हैं कि एक वर्ग इंच जगह घिरी, या यों भी कह सकते हैं कि इस टुकड़ेका फैलाव एकवर्ग इंच है। अब इस दफ़्तीमेंसे एक फ़ुट लंबा और एक इंच चौड़ा टुकड़ा काटो, उसपर एक एक इंचकी दूरीपर दोनों ओर नाप नापकर निशान कर लो और आमने सामनेके निशानोंको मिलाते सीधी सतरें खींच डालो। इस तरह इस टुकड़ेके बराबर बराबर बारह भाग बन जायँगे [देखो चित्र न० १]।

मोहनने ऐसा ही किया और दफ़्तीके टुकड़ेकी शकल ऐसी बन गयी कि देखकर बड़ा ख़ुश हुआ और कहने लगा, "गुरुजी, यह तो बारह भाग हुए जिनमें हर एकके चारों भुज बराबर हैं। ये भाग चारों ओरसे एक एक इंच हैं या यों कह सकते हैं कि एक एक वर्ग इच हैं।

गुरुजीने कहा, "अब ऐसी ही शकल तुम काले तख़्ते-पर बना दो।" मोहनने काले तख़्तेपर एक फ़ुट लंबी और एक इंच चौड़ी दफ़्तीकी शकल बनाकर उसको बारह बराबर बराबर भागोंमें काट लिया। इस रीतिसे जो शकल बनी उसको छोटा करके इस चित्रमें दिखाया है।

जानना चाहें कि हमारे बाग़के कुएँमें पानी कितना नीचा है तेा जिस रस्सीसे पानी निकालते हैं उसकी लम्बाई नाप लें।

पिता—बहुत ठीक, अब तुम समझ गये कि जहां कहीं सीधमें दूरी नापनी हो सब लम्बाई हुई, नाम उसका चाहे जेा हो। अब तुम घर चलकर सरकंडेका गज़ बनाना और चाकूसे निशान कर लेना, तब मुझको दिखलाना।

मोहन—बहुत अच्छा। मैं फ़ुट और इंच भी बनाऊंगा। कल गुरुजीने फ़ुटकी चर्चा की थी और कहते थे कि बारह पैसे सीधमें रक्खे जायँ तेा फ़ुटभर होता है, और एक एक पैसेकी जगह एक इंच होती है।

पिता—जिस तरह इंच या गिरहसे छोटी छोटी चीज़ोंकेा नापते हैं उसी तरह और भी नाप हैं। गज़से कुछ ही बड़ी नाप जेा आजकल बहुतसे देशेां में जारी है मीटर है। रेलकी छोटी लैनवाली सड़कमें दोनों छड़ोंके बीच ठीक एक मीटरकी दूरी होती है। इसके सौ बराबर हिस्से किये जायँ तेा हरएक एक सेंटीमीटर (शतांशमीटर) होगा और सेंटीमीटरके दसवें भागको मिलीमीटर (सहस्रांशमीटर) कहते हैं। १ इंच = २·५४ शतांशमीटर या लगभग ढाई शतांशमीटर।

२—क्षेत्रफल

दूसरे दिन पाठशालामें मोहनने सरकंडेके गज़ और फ़ुट गुरुजीको दिखलाये। गुरुजी ख़ुश होकर बोले, "मोहन,

नेाट—शिक्षकको चाहिए कि हर लड़केसे फ़ुट और गज़ बनवावे और इंच और गिरहके चिह्न कराकर भिन्न भिन्न चीज़ें नपवावे।

तुमको एक तेज़ चाकू और दफ़्ती देता हूं। देखो, इसमेंसे अपने फ़ुटके सहारे नापकर एक इंच लंबा और एक इंच चौड़ा टुकड़ा काट लो। इसे तुम अपनी किताबपर रक्खो। बतलाओ यह कितनी जगह घेरता है?

मोहनने कहा, "गुरुजी, यह एक इंच लंबी और एक इंच चौड़ी जगह घेरता है।"

गुरुजी—ठीक है, पर बोलचालमें इस प्रकार भी कहते हैं कि एक वर्ग इंच जगह घिरी, या यों भी कह सकते हैं कि इस टुकड़ेका फैलाव एकवर्ग इंच है। अब इस दफ़्तीमेंसे एक फ़ुट लंबा और एक इंच चौड़ा टुकड़ा काटो, उसपर एक एक इंचकी दूरीपर दोनों ओर नाप नापकर निशान कर लो और आमने सामनेके निशानोंको मिलाते सीधी सतरें खींच डालो। इस तरह इस टुकड़ेके बराबर बराबर बारह भाग बन जायँगे [देखो चित्र नं० १]।

मोहनने ऐसा ही किया और दफ़्तीके टुकड़ेकी शकल ऐसी बन गयी कि देखकर बड़ा ख़ुश हुआ और कहने लगा, "गुरुजी, यह तो बारह भाग हुए जिनमें हर एकके चारों भुज बराबर हैं। ये भाग चारों ओरसे एक एक इंच हैं या यों कह सकते हैं कि एक एक वर्ग इंच हैं।

गुरुजीने कहा, "अब ऐसी ही शकल तुम काले तख़्ते-पर बना दो।" मोहनने काले तख़्तेपर एक फ़ुट लंबी और एक इंच चौड़ी दफ़्तीकी शकल बनाकर उसको बारह बराबर बराबर भागोंमें काट लिया। इस रीतिसे जो शकल बनी उसको छोटा करके इस चित्रमें दिखाया है।

चित्र नं० १ ऊपर और चित्र नं० २ नीचे

गुरुजीने कहा, "अच्छा अब इस शकलके बराबर एक दूसरेसे मिली हुई बिलकुल वैसी ही ग्यारह शकलें और बना दो।" मोहनने वैसा ही किया, इस तरह एक बड़ी चौकोर शकल बन गयी जो एक फुट लंबी और एक फुट चौड़ी थी [चित्र नं० २]।

गुरुजीने कहा—"मोहन! देखो, इस बड़ी शकलमें चौड़ाई तथा लंबाई दोनोंमें बारह बारह छोटे घर हैं। सब मिलाकर १४४ छोटे घर एक इंच लंबे और एक इंच चौड़े हो चाहियें। तुम गिनकर देख लो।"

मोहनने गिना तो सचमुच १४४ घर थे।

कुछ विचार करके मोहन ख़ुश हो बोला, "गुरुजी, मेरी समझमें एक बात आती है।"

गुरुजीने पूछा—"क्या?"

मोहन बोला—"बारहको बारहसे गुणा करनेसे १४४ होते हैं, अब मैंने समझा कि यदि बारहमें बारह दफ़े बारह जोड़े जायँ तो भी १४४ होते हैं।"

गुरुजीने कहा—"अब तुमने देखा कि १२ इंच लंबे और १२ इंच चौड़े चौकोर टुकड़ेके फैलावको जाननेकेलिए उसे एक एक वर्ग इंचके टुकड़ोंमें काटनेकी कोई आवश्यकता नहीं। इंचोंमें लंबाई और चौड़ाई नापकर गुणा करनेसे जो फल आवेगा उतने ही वर्ग इंच फैलाव उस चौकोर टुकड़ेका होगा। अथवा लम्बाई × चौड़ाई = क्षेत्रफल अथवा वर्गफल"।

मोहन—हां, गुरुजी, उस दिन क़ानूगो साहब खेतका रक़बा नपवाते थे, तो ज़ंजीरसे लम्बाई और चौड़ाई आदि नापते थे।

गुरु—हां, उस ज़ंजीरको जरीब कहते हैं। खेतके टेढ़े मेढ़े होनेसे कई और हिसाब करते हैं।

अभी तुमने जो आकार एक फ़ुट लम्बा चौड़ा बनाया है एक वर्ग-फ़ुट है। लम्बाईके फ़ुटमें १२ इंच होते हैं। वर्ग-फ़ुटमें १४४ वर्ग-इंच हुए। यह फैलावके इंच हैं लम्बाईके इंच नहीं। फैलावकी नापको क्षेत्रफल या रक़बा कहते हैं और उसकी इकाई वर्ग-इंच, वर्ग-फ़ुट आदि हैं।

इसके बाद गुरुजीने हर लड़केसे वर्ग-इंचके ठीक १२ टुकड़े कागज़के कटवाये। उनमें जो बिलकुल ठीक रख लिये।

१— अपने मेज़का क्षेत्रफल निकालो।

२— इस कमरेमें जो दरी बिछी है उसमें कितने वर्ग इंच हैं?

३—८ फुट लम्बे और ४ फुट चौड़े तख्तेके टुकड़ेमें कितने वर्ग हैं? [उत्तर—४६०८ वर्ग इंच]

३—घन-फल, आयतन

गुरुजी पिछले दिनके कटे हुए एक एक वर्ग-इंचवाले कागज़के टुकड़े लाये और मेज़पर रख दिये। और उन्होंने एक टुकड़ा हाथमें लेकर लड़कोंसे पूछा, "इस कागज़की नाप क्या है?"

एक—एक इंच लम्बा एक इंच चौड़ा है।

दूसरा—नहीं, एक वर्ग-इंच कहना चाहिए।

गुरु—पर अभी कागज़की पूरी नाप नहीं हुई। इसकी मोटाई क्या है?

मोहन—इसकी मोटाई क्या होगी? यह तो पतला है।

गुरु—बहुत सी चीज़ोंके सामने यह पतला ज़रूर है, पर पतङ्गका कागज़ तो इससे पतला होता है, उससे तो यह मोटा होगा न?

मोहन—ठीक है, ज़रूर होगा। तो मोटा ही कहना ठीक है, क्योंकि पतलेका अर्थ हुआ "कम मोटा"।

गुरु—जैसे लम्बाई, चौड़ाई, ऊंचाई आदि सब लम्बाईके ही नाम हैं उसी तरह पतलापन भी मोटाईका दूसरा नाम है। अच्छा, तो नापमें तुममेंसे किसीने इसकी मोटाईका कुछ हिसाब नहीं बताया।

एक—यह इतना कम मोटा है कि इसकी मोटाई नापी नहीं जा सकती।

गुरु—यों फुटसे एककी मोटाई तो नहीं नापी जा सकती, पर सबको हम इकट्ठा कर लें तो देखो कितना मोटा हो जाता है।

इतना कहकर गुरुजीने सब टुकड़ोंको इकट्ठा करके चारों ओरसे बराबर कर लड़कोंको दिखाया तो नापनेसे कुल आधे इंचके लगभग निकला।

मोहन—पर गुरुजी, अभी दबानेसे कुछ और दबेगा तो मोटाई कुछ कम हो जायगी।

गुरु—अभी बहुत कुछ दब सकता है। जिल्दसाज़ काग़ज़को शिकंजेमें दाबकर इतना सटा देता है कि पहले जो किताब बहुत मोटी होती है, जिल्द बँधवानेपर कुछ कम मोटी हो जाती है। इसी तरह शिकंजेमें कसनेपर यह कम मोटा हो जायगा, पर तब भी मोटाई नाप सकोगे। यह देखो कोश है, इसमें १००० पृष्ठ या ५०० पन्ने हैं, सकी मोटाई २ इंचके लगभग है। तो हरएक पन्नेकी ाटाई $\frac{२}{५००}$ अर्थात् $\frac{१}{२५०}$ इंचके लगभग हुई।

अच्छा, अब इन काग़ज़ोंकी मोटाई भी उतनी ही मानें तो १ इंच लम्बाई १ इंच चौड़ाई और $\frac{१}{२५०}$ इंच मोटाई

हो गयी। इनको एकपर एक बराबरसे रक्खें और १४ टुकड़े हों, शिकंजेसे दबावें, तो १ इंच लम्बाई, १ इंच चौड़ाई, १ इंच मोटाईका आकार बन जायगा। इन तीनों नापोंको एक शब्दमें हम कहना चाहें तो १ घन इंच कह सकते हैं। इस आकारको सब ओरसे नापें तो ठीक उतनी जगहकी नाप होगी जितनी जगह इसने सब ओरसे ले रक्खी है। एक इंच लम्बी, एक इंच चौड़ी और एक इंच ऊंची जगह जो चीज़ ले वह एक घन इंच नापमें कही जायगी। जिस तरह लम्बाई चौड़ाई गुणा करके वर्गफल या क्षेत्रफल निकालते हैं उसी तरह क्षेत्रफलको ऊंचाई या नीचाईसे गुणा करनेपर घनफल या आयतन निकलता है। संक्षेपमें यों हुआ।

लम्बाई × चौड़ाई × मोटाई = घनफल अथवा आयतन घनफलकी इकाई घन इंच है। अब घन फ़ुट कितने घन इंचका होगा?

लंबाई × चौड़ाई × ऊंचाई = क्षेत्रफल × ऊंचाई
१२' × १२" × १२ = १४४ वर्ग इंच × १२'
= १७२८ घन इंच

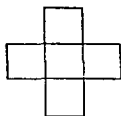
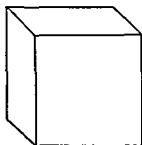
इसी तरह घन गज़, घन सेंटीमीटर आदि होते हैं।

मोहन—जो जगह किसी बकसने घेर रक्खी है उसे यदि जानना चाहें तो यह बड़ी सहज रीति है कि उसकी लम्बाई चौड़ाई ऊंचाई नाप लें और तीनोंका गुणनफल घन फ़ुट या घन इंच या घन सेंटीमीटरमें निकाल लें।

गुरु—ठीक है, अच्छा अब तुमने जो फ़ुट बनाया है उससे नाप नापकर जितनी जगह तिपाई मेज़ आदिने घेर रक्खी है, अलग अलग निकालो। सब लड़कोंको हम काम बांट देते हैं।

इतना कह गुरुजीने सबको नापनेका काम बांट दिया।

एक—गुरुजी, यह कैसे मालूम किया जाय कि लोटेके भीतर कितनी जगह घिरी हुई है?

गुरु—इसका तो सहज उपाय है। कागज़की दफ़्तीको नीचे दिये हुए [चित्र नं० ३] पहले रूपका काटकर (जिसका प्रत्येक भाग एक इंच लम्बा और एक इंच चौड़ा है) लेईसे लेस लेस एक घन इंचका चौकोर नपना बना लो और सुखा

चित्र नं० ३ चित्र नं० ४

डालो। यह चित्र नं० ४ जैसा हो जायगा। इसका एक सिरा पानी भरने और उँडेलनेको खुला हुआ है। इसमें जितना पानी अमायगा उसका आयतन एक घन इंच होगा। अब इस नपनेसे देखो कि कितने घन इंच पानी लोटेमें आता है, जितने घन इंच पानी अमाय उतनी जगह लोटेके भीतर है।

दूसरा—और अगर इस [एक पत्थरका टुकड़ा दिखाकर] पत्थरके टुकड़े जैसी टेढ़ी मेढ़ी वस्तुका आयतन जानना हुआ तो?

गुरु—एक कटोरेमें एक गिलास रखकर उसमें पानी धीरे धीरे इतना भरो कि बिलकुल लबालब हो जाय। अब उसमें धीरेसे पत्थरका यह टेढ़ा मेढ़ा टुकड़ा डाल दो कि बिलकुल डूबा रहे। यह टुकड़ा जितनी जगह घेरेगा उतना पानी गिलासमेंसे निकल जायगा। अब कटोरेवाले पानी को अपने नपनेसे नापो तो पत्थरका आयतन मालूम हो जायगा। जो चीज़ें पानीमें नहीं घुलतीं उनका आयतन इसी तरह निकाला जाता है।

मोहन—और जो घुल जाती हैं?

गुरु—उनका आयतन निकालनेकेलिए उनको ऐसे पदार्थोंमें डुबोते हैं जिनमें वह नहीं घुलतीं, जैसे मिट्टीका तेल आदि। अब तुम चाहो तो अपने नपनेके सहारे इस तरह कीचसे कंकडोंका आयतन निकाल सकते हो।

अभ्यास

(१) कागज़के घन इंचकी तरह कड़े मोमका घन इंच चाकूसे काटकर बनाओ। काटनेसे पहले इसके भीतर एक सीसेका टुकडा डाल दो कि भारी हो जाय और पानीमें डूब जाय। एक कांचके गिलासपर जिसके पेंदेकी लपेट पांच इंचसे कम न हो बाहरकी ओर कागज़की एक सीधी पट्टी लगा दो। अब गिलासमें सवा इंच ऊंचा पानी डाल दो और समथर जगहमें रक्खो, स्थिर हो जानेपर पानी जितने ऊपर पहुंचा हो ठीक उस जगह एक सीधी रेखा खींच दो। अब इस पानीमें मोमका घन इंच डाल दो। पानी जितना ऊपर चढ़ आवे वहां पहलीके समान दूसरी रेखा खींचो। पहलीसे दूसरीतक एक घन इंच पानी हुआ। अब उस मोमके घन इंचको निकाल लो और सुखा लो। पानी फिर निचली रेखापर पहुंच जायगा। फिर इतना पानी भरो कि ऊपरकी रेखाके ठीक बराबर पहलेकी नाईं आ जाय। अब फिर घन इंच छोड़ दो। पानी जहांतक चढ़ जाय, वहां फिर रेखा खींचो। इस तरह बारबार करके

चित्र न० ४

चित्र न० ६

बालका ठीक नपना बना लो। इस नपनेसे जितने घन इंच
ा इतने घन इंच पानी उँडेल सकते हो। इसकी सहायतासे शीशियां
लों और गिलासोंके नपने बनाओ।

(२) घन सेंटीमीटरके भी ऐसे ही नपने बनाओ।

(३) ऐसे किसी नपनेमें एक निशानतक पानी भरकर उसमें जिस
ड़का आयतन जानना हो उसे डुबो दो। जितने घन इंच पानी चढ़े
ना ही उसका आयतन हुआ।

(४) एक घन फुट लकड़ीका दाम ३) है। १० फुट लम्बे, १० इंच चौड़े
र ६ इंच मोटे मर्दापरके दाम निकालो। [उत्तर ८॥-) ४

४—तोल

श्यामको ग्वाला दूध लाया। उसने अपना नपना भरकर
र चार लोटेमें डाल दिया और बोला "लो, सेरभर
ा गया"। इसपर मोहनने अपने पितासे पूछा, "यह नित
पनेसे ही देता है, पर कहता है कि सेरभर हो गया, तोलता
ा है नहीं, नापसे यह तोल कैसे बताता है?"

गुरु—एक कटोरेमें एक गिलास रखकर उसमें धीरे धीरे इतना भरो कि विलकुल लवालव हो जाय। उसमें धीरेसे पत्थरका यह टेढ़ा मेढ़ा टुकड़ा डाल दो बिलकुल डूबा रहे। यह टुकड़ा जितनी जगह घेरेगा पानी गिलासमेंसे निकल जायगा। अब कटोरेवाले पानी को अपने नपनेसे नापो तो पत्थरका आयतन मालूम जायगा। जो चीज़ें पानीमें नहीं घुलतीं उनका आयतन तरह निकाला जाता है।

मोहन—और जो घुल जाती हैं?

गुरु—उनका आयतन निकालनेकेलिए उनको पदार्थोंमें डुबोते हैं जिनमें वह नहीं घुलतीं, जैसे तेल आदि। अब तुम चाहो तो अपने नपनेके सहारे इस कीचसे कंकडोंका आयतन निकाल सकते हो।

अभ्यास

(१) काग़ज़के घन इंचकी तरह कड़े मोमका घन इंच काटकर बनाओ। काटनेसे पहले इसके भीतर एक सीसेका टुकड़ा दो कि भारी हो जाय और पानीमें डूब जाय। एक कांचके गिलास जिसके पेंदेकी लपेट पांच इंचसे कम न हो बाहरकी ओर कागज़ एक सीधी पट्टी लगा दो। अब गिलासमें सवा इंच ऊंचा पानी डाल और समथर जगहमें रक्खो, स्थिर हो जानेपर पानी जितने ऊपर पहुंचा ठीक उस जगह एक सीधी रेखा खींच दो। अब इस पानीमें मोमका इंच डाल दो। पानी जितना ऊपर चढ़ आवे वहां पहलीके समान रेखा खींचो। पहलीसे दूसरीतक एक घन इंच पानी हुआ। अब मोमके घन इंचको निकाल लो और सुखा लो। पानी फिर रेखापर पहुंच जायगा। फिर इतना पानी भरो कि ऊपरकी रेखा बराबर पहलेकी नाईं आ जाय। अब फिर घन जहांतक चढ़ जाय, वहां फिर रेखा खींचो

चित्र न० ५

चित्र न० ६

ासका ठीक नपना बना लो। इस नपनेसे जितने घन इंच
ा उतने घन इंच पानी उँडेल सकते हो। इसकी सहायतासे शीशियों
लों और गिलासोंके नपने बनाओ।

(२) घन सेंटीमीटरके भी ऐसे ही नपने बनाओ।

(३) ऐसे किसी नपनेमें एक निशानतक पानी भरकर उसमें जिस
ाडका आयतन जानना हो उसे डुबो दो। जितने घन इंच पानी चढ़े
ना ही उसका आयतन हुआ।

(४) एक घन फुट लकड़ीका दाम २) है। १८ फुट लम्बे, १० इंच चौड़े
र ६ इंच मोटे स्लीपरके दाम निकालो। [उत्तर ८।-) ४

४—तोल

। शामको ग्वाला दूध लाया। उसने अपना नपना भरकर
ार बार लोटेमें डाल दिया और बोला "लो, सेरभर
ा गया"। इसपर मोहनने अपने पितासे पूछा, "यह नित
पनेसे ही देता है

पिता—उसके नपनेमें जितना दूध आता है उतना उसमें तोल रक्खा है। बाट और तराजू लाओ तो इसकी भी जांच कर देखें।

मोहन झट बाट और तराजू ले आया। उसके बाएं ग्वालेका नपना लेकर बाएं पलड़ेमें रक्खा, दहनेमें बाट रखता गया। जब तराजूकी डंडी सीधी हो गयी तो बोला "देखो! खाली नपना पावभर हुआ।" फिर उसमें दूध भरकर तोला तो आधसेर ठहरा।

पिता—(मोहनसे) देखो, आधसेरसे नपनेकी तोल पाव सेरको घटाया तो दूध तोलमें पावभर हुआ या नहीं?

ग्वाला—लालाजी, आपने तो नपना भी तोला। हम होते तो धड़ा बांधकर काम निकाल लेते।

मोहन—धड़ा बांधना क्या?

पिता—बाट रखनेके बदले नपनेकी तोलके बराबर दहने पलड़ेमें कंकड़ मिट्टी आदि रक्खी, डंडी सीधी हुई तो धड़ा बँध गया। अब दूध भरकर तोलो पावभर निकलेगा। किसी बरतनमें दूध, घी, तेल आदि तोलना हो तो धड़ा बांधकर तोल सकते हैं। पर एक ही बरतनको अगर हम नपना बना लें तो उसकी तोल एक बार जान लेनेसे बार बार धड़ा न बांधना पड़ेगा। जैसे हम शहद तोलना चाहें तो अब इसी नपनेमें भरकर तोल लें। मान लो कि कुल सवा दो पाव ठहरे। अब नपनेकी तोल, पावभर जो पहलेसे मालूम है, घटायी तो शहद तोलमें सवा पाव हुआ। या मान लो हम कल फिर आंचना चाहें कि दूध तोलमें ठीक है या नहीं तो नपनेको अलगसे तोलना न पड़ेगा। नपनेको तोल लेनेमें यही सुभीता है।

मोहन—चाचाजी, रोज़ तोलकर लेना ही ठीक मालूम होता है, क्योंकि नापते वक्त यह नपनेको पूरा नहीं भरते।

ग्वाला—लालाजी, गिर जानेके डरसे एकदम लबालब नहीं भरता, पर मैं बादको थोड़ा और जो डाल देता हूँ—

मोहन—अच्छा! तो जिसे तुम 'घेलवा' कहते हो वह तुम कमी पूरी करनेको देते हो!

अभ्यास

१—एक कांचके गिलासमें कागजकी पतली पट्टी काटकर सीधी रेखेमें ऊपरतक गोंदसे चिपका दो। आधी छटांक पानी तोलकर गिलासमें डालो और सम जगहमें रक्खो। जब पानी स्थिर हो जाय, जितना ऊंचा पानी पहुँचा हो ठीक उसीके बराबर आड़ी रेखा खींच लो। फिर आधी छटांक तोलकर डालो और फिर उसी तरह आड़ी रेखा खींच लो। इस तरह आठ या बारह या सोलह रेखाएं खींचो। यह गिलास अब पाव पाव भर या आधसेरका ऐसा नपना बन गया कि आधी छटांकतक पानी इसमें नप सकता है।

२—छटांक, पाव, और सेरका भी ऐसा ही नपना बनाओ।

३—१००० घन शतांशमीटरका (सेंटीमीटरका) भी एक नपना बनाओ।

४—एक घन इंच कितने घन शतांशमीटरके बराबर होता है?

उत्तर २$\frac{१}{२}$ × २$\frac{१}{२}$ × २$\frac{१}{२}$ = $\frac{३}{४}$

५-आपेक्षिक घनत्व

मोहनका जी नाप तोलमें लग गया। उसने एक नपना सेरभर दूधका बनाया। इस बरतनमें ठीक ठीक लबालब भर देनेसे दूध सेरभर आता था। दूसरे दिन जब दूध फिर

आया तो मोहनने इसी नपनेसे लिया। दूध नपाते समय मोहनको एक बात सूझी।

मोहन—चाचाजी, कल आप कहते थे कि इसी पावभरके नपनेसे शहद नापें तो सवा पावके लगभग आवे। तो क्या शहद दूधसे भारी है?

पिता—ज़रूर भारी है. हमने तोला तो नहीं है कि ठीक ठीक कितना भारी है. पर यदि एक ही आयतनकी भिन्न भिन्न वस्तुओंको तोला जाय तो तोल सबकी अलग अलग होगी।

मो॰—क्या दूध और पानीकी तोलमें भी भेद होगा?

पि॰—ज़रूर। अच्छा, तुमने तोल रक्खा है कि इस नपनेमें ठीक सेरभर दूध आता है। अगर तुमने ख़ालिस दूध तोला था तो पानी इस बरतनमें साढ़े पन्द्रह छटांकके लगभग आएगा, तोल देखो।

मोहनने नपना साफ़ करके साफ़ पानी भरकर तोला तो साढ़े पन्द्रह छटांक निकला। बड़े अचरजमें हुआ।

मो॰—चाचाजी, यह तो सचमुच साढ़े पन्द्रह छटांक है! आपको बिना तोले कैसे पता चला कि इस नपनेमें साढ़े पन्द्रह छटांक पानी आएगा?

पि॰—बात यह है कि ख़ालिस दूध पानीसे कुछ भारी होता है। हिसाब लगानेवालोंने इसका हिसाब लगाया है कि एक ही आयतनका दूध यदि तोलमें ३२ होगा तो उसी आयतनका पानी ३१ होगा। इस लोटेमें ३२ अध-छटँकी, अर्थात सेरभर दूध आया तो पानी ३१ अध-छटंकी, अर्थात् १५½ छटांक आना चाहिए। अगर पानीकी तोल एक मानें तो

भरी तोल $\frac{32}{31}$ या १'०३ हुई। अर्थात् शुद्ध दूध पानीसे १'०३ गुना भारी हुआ। इस संख्याको दूधका आपेक्षिक घनत्व कहते हैं।

मो०—इस तरह तो ख़ालिस और मिलावटवाले दूधका भी पता चल सकता है!

पि०—क्यों नहीं, अब इसी नपनेमें भरकर मिलावटका दूध वालो तो सेरभरसे कम ठहरेगा। इस तरह पानी मिले हुए दूधका पता लग सकता है। कोई भी नपना लो पानीकी तोलसे दूधकी तोलको भाग दो तो वही आपेक्षिक घनत्व १'०३ निकलना चाहिए। इस संख्यामें ज्यों ज्यों कमी आवे समझो कि पानी मिलाया गया है।

मो०—क्या दूधका आपेक्षिक घनत्व १'०३से ज़्यादा नहीं हो सकता?

पि०—हो सकता है। जिस दूधसे मक्खन निकाल लिया गया है उसका आपेक्षिक घनत्व बढ़ जाता है।

मो०—यह बात समझमें नहीं आती-मक्खन निकालनेपर तो घट जाना चाहिए।

पि०—बात यह है कि मक्खन पानीसे बहुत हलका होता है, यहांतक कि पानीमें डालनेसे तैरने लगता है, और मक्खनके सिवा जो वस्तुएं दूधमें हैं वह भारी हैं, उनका अधिक घनत्व और मक्खनका कम घनत्व मिलकर १'०३ रहता है। मक्खन निकल जानेपर इसीलिए घनत्व बढ़ जाता है।

ग्वाला—लालाजी, आप लोग तो पढ़े लिखे हैं। सब बातें आपकी मैंने नहीं समझीं। पर थोड़ी थोड़ी जो समझमें आयीं उनपर हुकुम हो तो कुछ मैं भी कहूं।

वि०—हां, हां, कहो।

मा०—सरकारने जो उपाय दूध जांचनेका बताया है तो नया है, पर मैं डाकूर बाबूके यहां दूध देता हूं, तो वह मेरा दूध एक शीशी डालकर जांच लेते हैं। तोलना नहीं पड़ता। झट मालूम हो जाता है।

मो०—यह शीशी कैसी?

पि०—यह भी एक तरहका आपेक्षिक घनत्व जाननेका यंत्र है। तेल, अरक़, आदि सब तरहकी, पानीकी तरह बहनेवाली, चीज़ोंके आपेक्षिक घनत्व जाननेके यंत्रको (हैड्रोमीटर) घनत्वमापक—और दूध जांचनेवाले यंत्रको (लैक्टोमीटर) दुग्ध घनत्वमापक या "हंस" शीशी—कहते हैं (देखो चित्र न० ७)। इसका हाल तुमको गुरुजी कभी ज़रूर बतायेंगे।

मो०—तो क्या आपेक्षिक घनत्व हर बहनेवाली चीज़का जुदा जुदा होता है? और हर चीज़का आपेक्षिक घनत्व चाहे जैसे निकालें एक विशेष संख्या ही होती है?

पि०—हां, आपेक्षिक घनत्व सभी चीज़ोंका अलग अलग होता है, चीज़ पानीकी तरह बहनेवाली हो या न हो। बहनेवाली चीज़ोंका आपेक्षिक घनत्व नपनेमें तोलनेसे या हैड्रोमीटरसे जाना जा सकता है। जिस तरह तुमने सेरका नपना बनाकर तोल लिया है, उसी तरह आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शीशी बनी बनायी मिलती है। इसके बराबर तोलका बाट इसके साथ ही मिलता है। एक पलड़ेपर ख़ाली

चित्र नं०

शीशी और दूसरेपर वह बाट रक्खो तो कांटेकी डंडी बिलकुल सीधी रहेगी। इस शीशीमें लबालब भरनेसे जितना पानी आता है उसकी तोल शीशीपर लिखी हुई होती है। मान लो कि ऐसी शीशी तुम्हें दी गयी। इसमें जितना पानी आता है उसकी ठीक तोल १ छटांक है। अगर तुम मट्ठेका आपेक्षिक घनत्व जानना चाहो तो इस शीशीमें लबालब मट्ठा भरकर बायें पलड़ेपर रक्खो। दहिनेपर शीशीके मापवाला बाट रख दो। अब उसके सिवाय जो बाट रखकर तोलोगे उससे शीशीभर मट्ठेकी ठीक तोल मालूम होगी। तुम्हें उस शीशीभर पानीकी तोल मालूम ही है—शीशीपर लिखा ही है कि एक छटांक है। अब मट्ठेकी तोलको इस एक छटांकसे भाग दो तो मट्ठेका आपेक्षिक घनत्व निकल आया। इस शीशीमें भरकर तोल लेनेसे ही झटपट आपेक्षिक घनत्व निकाल सकते हो।

मो०—चाचाजी, मैं मामूली शीशी लेकर आपेक्षिक घनत्वकी शीशी बना लूंगा। पर जो चीज़ें पानीकी तरह नहीं बहतीं, जैसे खड़िया तांबा आदि, उनका आपेक्षिक घनत्व कैसे निकालते हैं?

पि०—उसकेलिए दूसरा उपाय है, तुम अपने गुरुजीसे पूछना। परन्तु एक उपाय मैं तुमको बताये देता हूं कि जिस पदार्थका आपेक्षिक घनत्व निकालना हो उसको तोल लो और फिर उस पदार्थका आयतन निकालकर उतने आयतन पानीको तोल लो। इस पदार्थकी तोलको उसके बराबर आयतन पानीकी तोलसे भाग देनेसे जो संख्या आवेगी इस पदार्थका आपेक्षिक घनत्व होगी। चाहे जिस प्रकार चाहे जब आपेक्षिक घनत्व निकाला जाय एक पदार्थकेलिए सदा

एक ही संख्या निकलेगी। जैसे पारा सदा पानीसे १३॥
और तांबा ९ गुना भारी ठहरेगा—अर्थात् इनका आपे
घनत्व १३॥ और ९ होगा—चाहे जब जितनी बार जांचो।

अभ्यास

१—'आपेक्षिक घनत्व' किसे कहते हैं ?
२—द्रव-घनत्व मापकसे क्या काम लेते हैं ?
३—दुग्ध घनत्वमापकसे क्या जाना जाता है ?
४—दूध, पारा, तांबा और पानीका 'आपेक्षिक घनत्व' क्या है ?

६—अर्कमीदिसका सिद्धान्त

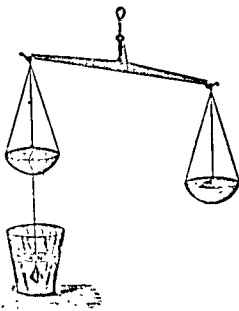
गुरुजीने ज्यों ही दूसरे दिन पढ़ाना शुरू करना च
सोहनने पूछा, "गुरुजी, पानीका फेंकना किसे कहते हैं?"

गु०—तुम्हारा मतलब क्या है ? ठीक समझाकर कहो

सो०—आपने सुना होगा, कल्लू पहलवान कल
डूबते बचा। मैं भी नहाने गया था। मेरे सामनेकी
है। शराब पिये हुए नहाने गया, और तैरनेकी सूझी। वो
बड़ा तैराक है, पर उस समय शायद नशेमें इतना चूर
कि सँभल न सका। डूबने लगा तो हाथ उठाया। जब
एक मल्लाह कूदा तबतक हाथ भी डूब गया, पर मल्लाह
कहता हुआ कूदा कि अभी तो इन्हें "पानी फेंकेगा" और
दूर जाकर उसने कल्लूको थाम लिया और निकाल ला

श्यामलाल—और गुरुजी, मुझे तो यह देखकर अचंभा
कि एक दुबला सा बूढ़ा मल्लाह ऐसे गरांडील पहलवा
पानीसे सहज ही खींच लाया, पर किनारे आकर, तीन
आदमी मिलकर कठिनाईसे उसे सूखेमें ले गये।

गु०—यह कोई अचंभेकी बात नहीं है। जिस नावको [सू]खेमें तुम एक इंच नहीं ढकेल सकते उसे पानीमें आसानीसे [ढ]केल सकते हो। कुएंमें पानी भरा कलसा जबतक पानीके [भ]ीतरसे पानीपर नहीं आता है तबतक बहुत कम शक्ति लगाना [प]ड़ती है पर ज्यों ही पानीसे ऊपर उठाते हो भारी मालूम [ह]ोता है। बात यह है कि पानीके भीतर जानेपर सभी चीज़ों[क]ा बोझ कम हो जाता है।

इतना कहकर गुरुजीने सुनारोंका कांटा निकाला और [ब]ोले, "आज मैं यही समझाना भी चाहता था। देखो यह

कांटा डंडी सीधी होनेपर ठीक बीचोंबीच रहता है। इ-
देानों पलड़ोंपर एक एक पैसा रखते हैं। देखेा, तेालमें दे
बराबर हैं। अब पैसेका एक और धागेमें बांधकर इस त
लटकाता हूं कि इस कांचके गिलासवाले पानीमें डूब जा
अब देखो, पानीके बाहरवाला पलड़ा भारी होकर झुक ग
इससे मालूम हुआ कि पानीमें डूबी हुई चीज़का भार क
जाता है।" [चित्र नं० ८]

सेा०—और जेा चीज़ें पानीमें तैरती रहती हैं उ
भारका क्या होता है?

गुरु—पानीसे हलकी चीज़ें तैरती हैं। उनका कुछ हिस्
तेा डूबा रहता है और कुछ बाहर रहता है। देखो, अब इ
पलड़ेके बाट उतार लेता हूं तेा पलड़ा उठ जाता है
पैसा पानीके भीतर भी कुछ बेाझ ज़रूर रखता है। अ
पैसेकी जगह लकड़ीका टुकड़ा बांधता हूं। देखेा, यह पान
ज़रा सी डूबी हुई है पर बाक़ी सब तैरती है, और अब
सीधी हेा गयी। इससे क्या मालूम हुआ?

सेा०—इससे तेा मालूम हेाता है कि लकड़ीमें कुछ बे
ही नहीं है!

गुरु—हां, जेा हिस्सा पानीसे बाहर रह गया उ
बेाझ कुछ भी नहीं है पर इस लकड़ीमें अगर एक फूलदा
कील आरपार ठेाक दें तेा फूलका हिस्सा ज़्यादा भारी होने
पानीमें डूबना चाहेगा और काठ तैरना चाहेगा। क
लेाहा पानीसे भारी है और यह लकड़ी हलकी। इसी
सिरको छेाड़ आदमीका सब शरीर पानीसे हलका
* इसलिए पानीके भीतर जाकर तलीमें ठहर नहीं स

पुत्त्न ऊपरको उठता है। इसे ही कहते हैं 'पानी फेंकना है' अर्थात् पानी हलकी चीज़को उछाल देता है। पर जब आदमी पानी पीकर भारी हो जाता है तो डूब जाता है।

दो हज़ार बरस हुए पश्चिममें अर्कमीदिस नामका एक बड़ा विद्वान् हो गया है। उसने अपने हमाममें एक दिन गोता लगाया तो हौज़का पानी बहुत सा बाहर बह गया और उसका शरीर पानीमें ऊपरको आया। इससे उसे दो बातें सूझीं, एक तो यह कि पानीमें डूबनेवाली चीज़का भार कम हो जाता है, दूसरे यह कि डूबनेवाली चीज़ अपने आयतनके बराबर पानी हटा देती है।

मो०—यह तो कोई बड़ी सूझकी बात न थी!

गु०—क्यों नहीं, इन्हीं बातोंसे उसने "आपेक्षिक घनत्व" जाननेका एक उपाय जो निकाला!

मो०—अच्छी याद दिलायी। पिताजीने कल मुझे बतलाया कि एक ही आयतनकी किसी चीज़की तोलको उसी आयतनके पानीकी तोलसे भाग दें तो आपेक्षिक घनत्व निकलता है। इस तरह दूधका आपेक्षिक घनत्व निकाला तो १·०३ ठहरा। अर्थात् दूध पानीसे १·०३ गुना भारी है।

मो०—'आपेक्षिक घनत्व' किसे कहते हैं? —

गु०—आपेक्षिक घनत्वसे यह मतलब है कि एक चीज़ दूसरीसे कितनी घन है। यह जाननेकेलिये दोनों चीज़ोंका बराबर आयतन लेकर तोल लेते हैं, इन दोनों तोलोंकी तुलना करते हैं कि एक दूसरेसे कितनी गुनी है। अब दोनोंमें जिसके भारसे तुलनाकी जाती है वह चीज़ ऐसी होनी चाहिए कि सुलभ हो, और उससे सभी चीज़ोंकी तुलना हो सके।

इसलिए विद्वानोंने सारीपन नापनेकेलिए पानीका ही परिमा लिया है। किसी चीजकी तोल, बराबर आयतनवाले पानी तोलसे कितनी गुनी है, इसीको 'आपेक्षिक घनत्व' कहते हैं

श्याम०—तो गुरुजी, आर्कमीडिसने यह हिकमत निकालो

गु०—बताते हैं, दूध और पानीके आयतन तो नापके बराबर लेकर तोल सकते हो, पर टीक टेढ़ी मेढ़ी चीज़ आयतन नापनेसे नहीं मालूम कर सकते। हां, उस दिन जो पत्थरका आयतन पानीमें डुबोकर निकालना बतलाया था उस तरह निकाल सकते हो। जो पानी पत्थर हटाता है उसे नापनेके बदले तोल लें तो क्या मालूम हो?

श्या०—पत्थरके बराबर आयतनवाले पानीकी तोल।

गु०—अच्छा, इस तरह जब उसी आयतनके पानी तोल मालूम हुई, तो उससे पत्थरकी तोलको भाग दिया आपेक्षिक घनत्व निकल आया।

$$\frac{\text{पत्थरकी तोल}}{\text{बराबर आयतनवाले पानीकी तोल}} = \text{पत्थरका आपेक्षिक घनत्व।}$$

देखो अब इसी रीतिसे हम तांबेका आपेक्षिक घन निकालते हैं।

यह कहकर गुरुजीने एक पैसेको तोलकर उसकी तो काले तख्तेपर लिख दी। फिर एक कटोरीका घड़ा बा लिया। उसमें एक नन्ही सी कटोरी रखकर धीरे धीरे ए सींकके सहारे लबालब पानी भर दिया। परन्तु बड़ी कटोरी एक बूंद भी गिरने न पायी। फिर उसमें वही पैसा धीरे

* देखो पृ० १२

दिया। थोड़ा सा पानी बड़ी कटोरीमें गिरा। अब
धीरेसे उन्होंने छोटी कटोरी निकाल ली और बड़ी
रीके पानीको तोल लिया। इस तोलसे जो पैसेकी
को भाग दिया तो ६ निकला। गुरुजीने लड़कोंसे कहा,
ो, तांबेका आपेक्षिक घनत्व ६ हुआ"।

मोहन—पिताजी भी यही कहते थे। परन्तु इस तरह तो
पानी कटोरीके पेंदेमें लगा रहता है और भरनेमें कुछ भी
े वैसी हुई कि भेद पड़ गया।

गु०—ठीक है। अर्कमीदिसने इसी आपेक्षिक घनत्वको
ो सीधी सादी रीतिसे निकाला। हम तुम्हें दिखाते हैं।

गुरुजीने पहलेकी नाईं पैसेको पानीमें डुबोकर तोला तो
की तोल मामूली तोलसे कुछ कम ठहरी। इसे गुरुजीने
ले तख्तेपर लिख दिया। इसे पैसेकी मामूली तोलसे
ाया और कहा, "लड़को देखो, पानीमें डुबोकर तोलनेमें
समें इतनी कमी आयी।"

मो०—गुरुजी, यह तो ठीक उतनी ही हुई जितनी आपने
के आयतनभर पानीको कटोरीमें तोलकर निकाला था।

गु०—हां, होती क्यों न! बात यह है कि डुबनेपर जो कमी
लमें आती है वह डूबी हुई चीज़के आयतनभर पानीकी
लके बराबर होती है। अब ऐसी चीज़ोंका आपेक्षिक घनत्व
नना हो तो पानीमें तोलो। इस तोलमें जो कमी होवे उसी
ीसे साधारण तोलको भाग दो आपेक्षिक घनत्व निकल
एगा। यही अर्कमीदिसकी रीति है।

मोहन तोल $= \frac{\text{मामूली तोल}}{\text{तोलमें कमी}} =$ आपेक्षिक घनत्व

श्याम०—मान लीजिए, हम नमकका आपेक्षि... निकालना चाहते हैं, पर डुबोते समय कुछ न... जायगा।

गु०—पानीमें घुलनेवाली चीज़ोंका घनत्व नि... तो पहले हवामें तोलो फिर मिट्टीके तेलमें, या ... चीज़ घुल न सके। मिट्टीके तेलका घनत्व मालूम ... के परिमाणसे घनत्वका हिसाब लग सकता है।

(१२) तीन तोलेके एक मोमके टुकड़ेमें ४ तोले वज़नका पीतलका गर बांधकर पानीमें तौलें तो वज़न क्या होगा? मोमका आ. घ. ·९५ और पीतलका ८ है।
[उत्तर—४ तोले ३ माशेके लगभग]

(१३) एक चांदीका कड़ा वज़नमें २४ तोला है। पानीमें तोलनेमें २॥ तोला घटता है। इस चांदीका आपेक्षिक घनत्व निकालो। ख़ालिस चांदीका आपेक्षिक घनत्व ११·२४ है। कड़ेकी चांदी ख़ालिस है या नहीं?
[उत्तर—९·६, नहीं]

(१४) एक पीतलके टुकड़ेकी मामूली तोल ४८ ग्राम है। पानीमें तोलनेमें यह ४२ ग्राम और मिट्टीके तेलमें तोलनेमें ४३·६ ग्राम ठहरता है। पीतल और मिट्टीके तेलके आपेक्षिक घनत्व क्या हैं?
[उत्तर—८ ·८४]

७—पदार्थोंकी अवस्था

श्यामलाल—गुरुजी, आपने क्या कहा? हवामें तोलना कैसा?

गु०—यह जो सब चीज़ें मामूली तौरपर तोलते हो वह तो हवामें ही तोलना हुआ, क्योंकि हमारे चारों ओर हवा ही रहा करती है।

श्या०—और कोठरीमें तोलें तो?

गु०—तो भी हवामें तोलना हुआ। हवा तो वहां भी है, आख़िर हवा न होती तो कोठरीमें तुम सांस कैसे लेते? हम लोग जितने सांस लेनेवाले प्राणी हैं उसी तरह हवाके समुद्रमें रहते हैं जैसे मछलियां पानीके समुद्रमें।

मोहन—तो हवाके समुद्रके सामने पानीका समुद्र तो कुछ भी न ठहरा, क्योंकि हवा सब जगह है। तो तौलतक हवा ही हवा होगी।

(७) एक शीशीमें ८ तोला गंधकका तेज़ाब आता है। ...
घनत्व १॥ है। अगर पारा पानीसे १३॥ गुना भारी है तो ...
शीशीमें कितना पारा अमायगा ? [उत्तर—

(८) ५ तोलेके एक लकड़ीके टुकड़ेमें १४ तोले वज़नका ...
पानीमें डुबोकर तोला तो १० तोले हुए। लंगरका आपेक्षिक ...
लकड़ीका आपेक्षिक घनत्व बतलाओ। [

(९) गंधकका आपेक्षिक घनत्व २·०६ है। गंधकके १० ...
टुकड़ेको दूधमें तोला तो ५ ग्राम निकला। दूधका आपेक्षिक घनत्व ...
[गंधक दूधसे दूना भारी हुआ। अर्थात्—

आयतनमें जितना गंधक २ ग्राम है उतना दूध १ ग्राम है

" " १ " " " $\frac{१}{२}$ "

" " २·०६ " " " २०६ × $\frac{१}{२}$

= १·०३

" " २·०६ " उतना पानी १ ग्राम है

इसलिए " दूध १·०३ " है उतना पानी १ " है

अर्थात् दूधका आ. घ. १·०३ है।]

(१०) एक शीशीमें मिट्टीका तेल ८५ ग्राम आता है। ...
तेज़ाब भरें तो १८० ग्राम आता है। इस तेलका आ० घ० ·८५ है।
पानी कितना अमायगा ? शीशीका आयतन क्या है ? तेज़ाबका ...
क्या है ? १ ग्राम पानीका आयतन १ घन सेंटीमीटर होता है।

[उत्तर—१०० घन-सेंटीमीटर,

(११) एक सोनेका कड़ा तोलमें २१ तोला है। पानीमें तोल ...
तोले ८ माशे उतरता है। ख़ालिस सोनेका आपेक्षिक घनत्व ...
कड़ेके सोनेका आ. घ. निकालो और बतलाओ कि ख़ालिस है ...

[उत्तर—आ. घ = १५।।।;

गु०—नहीं, तारोंतक तो हवा नहीं है। हवाकी ऊंचाई ज़्यादासे ज़्यादा २०० मील है। और तारे तो अरबों संखों मीलकी दूरीपर हैं।

मो०—गुरुजी, यह ऊंचाई कैसे नापी गयी?

गु०—यह बात तुम्हारेलिए अभी समझनी कठिन है। बड़े दरजोंमें पढ़ोगे तो मालूम हो जायगा।

श्या०—गुरुजी, सांस लेनेमें हम हवा बाहरसे खींचते हैं पर निकालते भी तो हैं। जो सांससे बाहर निकलती है वही फिर हम सांससे खींच लेते हैं—क्या यह बात नहीं है?

गु०—नहीं ऐसा नहीं है। जो हवा हम बाहर निकालते हैं वह गन्दी हवा है—और तरहकी है। उसका निकल जाना ज़रूरी है। अगर उसी हवाको हम सांससे खींच ले जाया करें तो जीना दुर्लभ हो जाय।

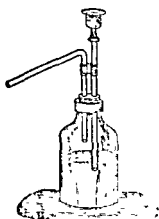
मो०—क्या हवा कई तरहकी होती है?

चित्र नं० ६

गु०--क्यों नहीं ? अब तुम जो सांससे निकालते ही उसी हवाको जांच लो। उसमें और बाहरकी हवामें भेद है या नहीं ?

इतना कह गुरुजीने एक शीशीसे चूनेका निथरा पानी कांचके गिलासमें उँडेला और नरफटकी नलीसे उसमें फूंका। पानी तुरन्त दूधिया हो गया। [चित्र नं० ६]

गु०—देखो, सांससे चूनेका पानी दूधिया हो जाता है।

फिर गुरुजीने हुक्केका डट्टा लेकर उसी चूनेके पानीवाली बोतलमें इस तरह लगाया कि डट्टेका एक सिरा पानीमें डूब गया और निगालीसे हवा देर तक खींची पर पानी दूधिया न हुआ। फिर चिलममें आग रखकर हवा खींची तो तुरन्त दूधिया हो गया। [चित्र नं० १०]

चित्र नं० १०

गु०—अब बताओ, क्या देखा ?

मो०—गुरुजी, सांसकी और आगकी हवासे तो चूनेका पानी दूधिया हो गया, पर मामूली हवामें नहीं हुआ।

श्याम०—तो इससे यह मालूम हुआ कि सांससे वही हवा निकलती है जो आगमेंसे निकलती है। यों हवा दो तरहकी मालूम हुई।

गु०—नहीं, तारोंतक तो हवा नहीं है। हवाकी ऊंचाई ज़्यादासे ज़्यादा २०० मील है। और तारे तो अरबों मील मीलकी दूरीपर हैं।

मो०—गुरुजी, यह ऊंचाई कैसे नापी गयी?

गु०—यह बात तुम्हारेलिए अभी समझनी कठिन है बड़े दरजोंमें पढ़ोगे तो मालूम हो जायगा।

श्या०—गुरुजी, सांस लेनेमें हम हवा बाहरसे खींचते पर निकालते भी तो हैं। जो सांससे बाहर निकलती वही फिर हम सांससे खींच लेते हैं—क्या यह बात नहीं है

गु०—नहीं ऐसा नहीं है। जो हवा हम बाहर निकालते वह गन्दी हवा है—और तरहकी है। उसका निकल ज ज़रूरी है। अगर उसी हवाको हम सांससे खींच ले ज करें तो जीना दुर्लभ हो जाय।

मो०—क्या हवा कई तरहकी होती है?

चित्र नं० ६

गु०—क्यों नहीं? अब तुम जो सांससे निकालते हो उसी हवाको जांच लो। उसमें और बाहरकी हवामें भेद है या नहीं?

इतना कह गुरुजीने एक शीशीसे चूनेका निथरा पानी कांचके गिलासमें उंडेला और नरकटकी नलीसे उसमें फूंका। पानी तुरन्त दुधिया हो गया। [चित्र नं० ६]

गु०—देखो, सांससे चूनेका पानी दुधिया हो जाता है।

गु०—नहीं, तारोंतक तो हवा नहीं है। हवाकी ऊंचाई ज़्यादासे ज़्यादा २०० मील है। और तारे तो अरबों मीलकी दूरीपर हैं।

मो०—गुरुजी, यह ऊंचाई कैसे नापी गयी?

गु०—यह बात तुम्हारेलिए अभी समझनी कठिन है। बड़े दरजोंमें पढ़ोगे तो मालूम हो जायगा।

श्या०—गुरुजी, सांस लेनेमें हम हवा बाहरसे खींचते पर निकालते भी तो हैं। जो सांससे बाहर निकलती वही फिर हम सांससे खींच लेते हैं—क्या यह बात नहीं है?

गु०—नहीं ऐसा नहीं है। जो हवा हम बाहर निकालते वह गन्दी हवा है—और तरहकी है। उसका निकल जाना ज़रूरी है। अगर उसी हवाको हम सांससे खींच ले जा करें तो जीना दुर्लभ हो जाय।

मो०—क्या हवा कई तरहकी होती है?

चित्र नं० ६

गु०—क्यों नहीं ? अब तुम जो सांससे निकालते हो उसी हवाको जांच लो। उसमें और बाहरकी हवामें भेद है या नहीं ?

इतना कह गुरुजीने एक शीशीसे चूनेका निथरा पानी कांचके गिलासमें उँडेला और नरकटकी नलीसे उसमें फूंका। पानी तुरन्त दूधिया हो गया। [चित्र नं० ६]

गु०—देखो, सांससे चूनेका पानी दूधिया हो जाता है।

फिर गुरुजीने हुक्केका डट्टा लेकर उसी चूनेके पानीवाली बोतलमें इस तरह लगाया कि डट्टेका एक सिरा पानीमें डूब गया और निगालीसे हवा देर तक खींची पर पानी दूधिया न हुआ। फिर चिलममें आग रखकर हवा खींची तो तुरन्त दूधिया हो गया। [चित्र नं० १०]

चित्र नं० १०

गु०—अब बताओ, क्या देखा ?

मो०—गुरुजी, सांसकी और आगकी हवासे तो चूनेका पानी दूधिया हो गया, पर मामूली हवासे नहीं हुआ।

श्याम०—तो इससे यह मालूम हुआ कि सांससे वही हवा निकलती है जो आगमेंसे निकलती है। दो तरहकी मालूम हुई।

गु०—नहीं, तारोंतक तो हवा नहीं है। हवाकी ऊंचाई ज़्यादासे ज़्यादा २०० मील है। और तारे तो करोड़ों मील की दूरीपर हैं।

मो०—गुरुजी, यह ऊंचाई कैसे नापी गयी ?

गु०—यह बात तुम्हारेलिए अभी समझनी कठिन है। बड़े दरजोंमें पढ़ोगे तो मालूम हो जायगा।

श्या०—गुरुजी, सांस लेनेमें हम हवा बाहरसे खींचते हैं पर निकालते भी तो हैं। जो सांससे बाहर निकलती है वही फिर हम सांससे खींच लेते हैं—क्या यह बात नहीं है?

गु०—नहीं ऐसा नहीं है। जो हवा हम बाहर निकालते हैं वह गन्दी हवा है—और तरहकी है। उसका निकल जाना ज़रूरी है। अगर उसी हवाको हम सांससे खींच ले जाया करें तो जीना दुर्लभ हो जाय।

मो०—क्या हवा कई तरहकी होती है ?

चित्र नं० ६

अभ्यास

१—हवाका समुद्र कितना गहरा है ?

२—जो हवा हम सांसमें भीतर ले जाते है, और जिसे बाहर निकालते हैं, इन दोनोंमें क्या भेद है ?

३—आग जलनेसे कौन सी हवा बनती है ?

४—दुनियामें जितनी चीजें हैं तीन अवस्थाओंमें होती हैं। वह कौन कौन हैं ?

५—ठोसके उदाहरण दो और लक्षण बताओ।

६—द्रवके उदाहरण दो और लक्षण बताओ।

७—गैसके उदाहरण दो और लक्षण बताओ।

८—खोखला कड़ा, गिलास, लोटा ढोल, कपड़ा आदि ठोस हैं या नहीं ?

८—ठोस

गु०—आज हम ठोस वस्तुओंपर विचार करेंगे। प्यारेलाल, परसों जो ठोस वस्तुओंके उदाहरण हमने दिये उनके सिवा और ठोस वस्तुओंके तुम नाम ले सकते हो ?

प्यारे०—चांदी, तांबा, पीतल।

गु०—और (दूसरोंकी ओर इशारा करके) ?

गोविन्द—लोहा, टीन, सोना, रांगा।

गु०—तो क्या, हवा अनेक तरहकी होती है। पर जो हमारे चारों ओर फैली हुई है उसी हवामें हम सांस ले सकते हैं।

मो०—तो जिस तरह ठोस चीज़ें और अरक या पानीकी सी चीज़ें तरह तरहकी होती हैं, हवा भी तरह तरहकी होंगी।

गु०—ज़रूर। दुनियामें जितनी चीज़ें तुम देखते हो, तीनमें किसी न किसी वर्गकी ज़रूर होंगी—ठोस, द्रव और हवाई या गैस।

जिन चीज़ोंकी ख़ास शकल होती है "ठोस" कहलाती हैं जैसे किताब, मेज़, कुरसी, मिट्टी, स्लेट, खड़िया आदि। जि चीज़ोंकी ख़ास शकल नहीं होती-पानीकी नाईं जिस बरतनम रक्खा उसकी ही शकल बन गयी—और ढलाव पाकर बहती हैं, उन्हें "द्रव" कहते हैं, जैसे दूध, पानी, पारा, तेज़ाब, अलकोहल आदि। द्रवकी तरह जिन चीज़ोंकी ख़ास शकल नहीं होती, पर जिस बरतनमें पड़ें चारों ओर फैल जा उन्हें हवाई या "गैस" कहते हैं, जैसे हवा या जलनेवाली गैस आदि।

श्या०—गुरुजी, उस दिन मेरे यहां सावित्रीकेलिए सुनार कड़े बना लाया, तो माताजीने कहा "यह तो ठोस हैं उससे कहो कि हमें पोले बनवाने थे।" परन्तु पोले कड़े भी तो ख़ास शकलके होते हैं; तो क्या ठोस नहीं हुए?

गु०—ज़रूर, पोले कड़े भी 'ठोस' ही हुए। तुम्हारी माताजीका यह मतलब था कि कड़े "भरे" थे, किन्तु उन्हें "पोले" बनवाने थे। उन्होंने "भरे" की जगह "ठोस" क दिया।

यह कहकर गुरुजी सीसा, लोहा, कांच, नमक, कोयला और भावांके टुकड़े, हथौड़ी, और निहाई लाये और कहा—

"लड़को, ठोस पदार्थोंके गुण और भी देखने हैं। पहले सीसा लेते हैं। देखो, इस सादे काग़ज़पर इसके खींचनेसे निशान बन जाता है। लोहा, कांच आदिसे निशान नहीं बनता। अब सीसेसे लोहे और कांचको खरोचते हैं। कोई निशान नहीं पड़ता। लोहेसे खरोचनेसे सीसेपर चिह्न बन गया। इससे क्या नतीजा निकला ?"

मो०—यह कि सीसा मुलायम है और लोहा और कांच कड़े हैं।

गु०—बहुत ठीक। अच्छा अब कांचसे लोहेको खरोंचते हैं। [खरोचकर] क्या हुआ ?

मो० - निशान पड़ गया। तो कांच लोहेसे भी कड़ा है ?

गु०—ज़रूर। अच्छा, अब हथौड़ीसे सीसेको पीटते हैं। (कुछ देर पीटकर) देखो, टूटता नहीं।

गोपाल—जी हां, पर कुछ पिचक गया और टुकड़ा बढ़ भी गया है।

गु०—अच्छा अब लोहेको पीटते हैं। देखा, यह टूटता तो नहीं है पर उस तरह बढ़ता भी नहीं है।

प्यारे०—गुरुजी, लोहारोंको देखा है कि लोहेको लाल करके पीटते हैं तो सीसेकी नाईं पिचक जाता है और फैल जाता है।

मो०—और चांदीका भी तो यही हाल है ?

गु०—हां। अच्छा तो तुमने देखा कि कुछ चीज़ें चिमड़ी होती हैं। और पीटनेसे बढ़ती हैं और आंचसे मुलायम हो जाती हैं। कांचके टुकड़ेको धीरेसे भी हथौड़ी लगती है,

गोपाल—नमक, चीनी, सोना, कांच।

सोहन—मिट्टी, लकड़ी, मोम, घी।

मोहन—गुरुजी, घी तो द्रव है, ठोस नहीं है।

गु०—पिघला हुआ "द्रव" है, परन्तु जमा हुआ "ठोस" है।

श्या०—क्या एक ही चीज़ 'ठोस' और 'द्रव' दोनों हो सकती है?

गु०—क्यों नहीं, बल्कि गैस भी। पानी द्रव है, सर्दी पाकर जमकर ठोस, बरफ़, बन जाता है। जाड़ोंमें कभी कभी जो ओले पड़ते हैं वह पानी ही है जो सर्दी पाकर ठोस हो गया है। पानी ही गरमी या आंचसे भाप या गैस बनकर उड़ जाता है। सूरजकी गरमीसे पृथ्वीका पानी गैस होकर उड़ उड़कर बादल बन जाता है। वही बादल सर्दीसे पानी होकर बरस जाते हैं। बरफ़ मामूली हवाकी गर्मीसे गल जाती है। गरमियोंमें घी पिघलकर द्रव हो जाता है। मोम थोड़ी आंचसे गल जाता है। रांगा और सीसा गलानेको अधिक आंच चाहिये। पर उससे भी कहीं अधिक आंच देकर सुनार चांदी सोना गलाते हैं। यह सब चीज़ें ठोससे द्रव हो जाती हैं, पर भेद केवल आंचका ही है। गरमी पाकर ठोस पदार्थ द्रव हो सकता है।

मो०—क्या कागज़ या रूई या कोयलेको भी आंचसे द्रव कर सकते हैं?

गु०—नहीं, बहुत सी चीज़ें तो गलनेके पहले ही जल जाती हैं, जैसे कागज़ या रूई। और बहुतेरी साधारण आंचसे द्रव नहीं हो सकतीं, उन्हें अत्यन्त अधिक आंच चाहिये, जैसे कोयला। गलानेके भी अनेक उपाय हैं।

(२) बास कैसी आती है ?

(३) छूनेमें कैसा लगता है ?

(४) स्वाद कैसा है ?

(५) आंचका क्या क्या असर पड़ता है ?

(६) लौ लगनेसे जलता है या नहीं ?

(७) हथौड़ीकी चोटका क्या असर होता है ?

(८) पानीका क्या असर होता है ?

इसी तरह और भी अनेक चीज़ोंका असर देखा जा सकता है और हरएक वस्तुके भिन्न भिन्न गुणोंपर विचार किया जा सकता है।

अभ्यास

१—शीशा, पीतल, मोम, टीन, रांगा, मिट्टी, लकड़ी, कागज़, इत्यादिकी जांच करके नक्शा बनाकर सबके विषयमें जो कुछ मालूम हो लिखो—

वस्तुका नाम	रंग रूप	गंध	छूना	स्वाद	आंचका असर	लौका असर	हथौड़ीकी चोटका असर	पानीका असर
शीशा								
मोम								
इत्यादि।								

तो चूर चूर हो जाता है। नमकका भी यही हाल है। ऐसी चीज़ोंको चूर चूर हो जानेवाली कहते हैं। भावांको देखो कितने छोटे छोटे छेद हैं। इनसे भी बारीक छेद इस कोयलेके टुकड़ेमें हैं जो तालमेंसे दिखाई पड़ते हैं। यह बारीक छेद पानी और हवाको सोख लेते हैं। लोहा और कांचतकमें अत्यन्त बारीक छेद होते हैं, इतने बारीक कि तालसे नहीं देखे जा सकते। किन्तु जिन चीज़ोंमें ऐसे छेद अधिक होते हैं उन्हींको छेदीली, छेदोंदार, मसामदार या कूपमय कहते हैं।

प्यारे०—तो ठोस चीजें भी कई तरहकी हुईं। कुछ पीटनेसे बढ़ती हैं और कुछ चूरचूर हो जाती हैं। कुछ अनेक छेदों-वाली होती हैं जिनके छेद दिखाई देते हैं। कुछमें छेद कम या बारीक होते हैं और दिखाई नहीं देते। कुछ थोड़ी आंचमें गल जाती हैं और कुछ तेज़ आंचमें भी मुश्किलसे गलती हैं।

मो०—क्या ? बस ! और गुरु जी इन चीज़ोंके रंग-रूप, बू-बास, स्वाद आदिमें भी तो भेद है। सीसा मैला काला सा है, ऐसा ही लोहा भी है, पर चमकमें भेद है। मोम कुछ पीला होता है, चमक बिलकुल नहीं। नमक और चीनीके रूप इनसे जुदा हैं। यह दोनों चीज़ें रवादार हैं, स्वादमें एक नमकीन, दूसरी मीठी। सीसा, लोहा आदि पानीमें डूब जाते हैं। मोम, घी आदि तैरते हैं, पानीसे हलके हैं। नमक और चीनी दोनों चीज़ें पानीमें डूब जाती हैं और घुल जाती हैं।

गु०—शाबाश, मोहन, शाबाश। जितनी चीज़ें देखो सब इसी तरह विचार किया करो। सबकी जांच रंग-रूपसे शुरू होती है, इसी क्रमसे जांच करनी चाहिए—

(१) रंग रूप क्या है ?

बकस, यह मेज़, यह कुरसी, यह काला तख़्ता, सब लकड़ीके बने हुए हैं। यह सब चीज़ें अलग अलग हैं, पर सबमें पदार्थ एक ही है—वही लकड़ी। अब यह समझ लो कि चीज़ोंका, वस्तुओंका, नाम रूप-रंगपर रक्खा जाता है परन्तु वह जिनकी बनी हुई होती हैं, उन्हें 'पदार्थ' कहते हैं।

गु०—अब गोविन्द, तुम मेज़परके सब पदार्थोंके नाम तो लो।

गो०—हथौड़ी, टीनकी डिबिया.....

गु०—ठहरो। सोहन, क्या यह कोई भूल कर रहे हैं?

सो०—हां गुरुजी, यह 'वस्तुओंका' नाम ले गये। हथौड़ी स्तु है। डिबिया वस्तु है। कहना चाहिए लकड़ी, लोहा

गो०—हां, भूल हुई, क्षमा कीजिए। फिर कहता हूं—लकड़ी, लोहा, टीन, सीसा, रांगा, गंधक, नमक, मोम, पीतल, ांबा और मिट्टी।"

गु०—बहुत ठीक। अच्छा, अब इन पदार्थोंपर विचार रो तो इन्हें तुम दो समूहोंमें बांट सकते हो। पहलेमें लोहा, ीन, सीसा, रांगा, पीतल और तांबा। दूसरेमें लकड़ी, गंधक, मक, मोम और मिट्टी। पहले समूहवालोंमें किसी न किसी रहकी चमक है, काफ़ी आंच देनेपर एक दूसरेसे मिल ाते हैं, इनके बरतन जल्दी नहीं टूटते, हथौड़ीसे पीटे ानेपर चूर चूर नहीं हो जाते। यह सब 'धातु' कहलाते हैं। सरे समूहवालोंमें यह गुण नहीं हैं। इसलिए उन्हें अधातु ़हते हैं।

श्याम०—गुरु जी, देखनेमें टीन और रांगा इन दो धातुओंके ग और चमकमें भेद नहीं जँचता।

गु०—परन्तु इन दोनोंमें बड़ा भेद है। यह डिबिया टीनकी

६—पदार्थ और वस्तुमें भेद, धातु और अधातु

गुरुजीने दूसरे दिन हथौड़ी, टीनकी डिबिया, सीसा, रांगा, गंधक, नमक मोम आदि अनेक चीज़ और तांबे, पीतल और मिट्टीके एक एक बरतन मेज़पर चुन दिये और बोले "आज हम तुम्हें पदार्थ और वस्तु या चीज़में भेद समझाना चाहते हैं"। फिर हाथमें तीनों बरतन लेकर लड़कोंको दिखाए और पूछा "बताओ यह क्या हैं?"

प्यारे०—यह चीज़ें हैं, वस्तुएं हैं?

गु०—इनके नाम क्या हैं?

मे०—इनके नाम गिलास और लुटिया और अमृतबान हैं।

मो०—गुरुजी, यह तीनों ही 'बरतन' कहलाते हैं, क्योंकि इनमें कुछ चीज़ें रक्खी जा सकती हैं। पर इनके रूपके अनुसार इनके नाम लुटिया, गिलास और अमृतबान पड़े।

गु०—यह किस पदार्थके बने हैं?

प्यारे०—तांबा, पीतल और मिट्टी।

गु०—जो फूल, चांदी और टीनके बने होते तो क्या नाम कुछ और होता?

मे०—नहीं, नाम तो रूपपर रक्खा गया, जिस पदार्थकी यह चीज़ें बनी हैं उस पदार्थके नामसे पुकारी जातीं तो नाम ज़रूर बदलता। जैसे यह पीतलका गिलास कहलाएगा, पर फूलका बना होता तो फूलका गिलास कहलाता।

गु०—अब तुम समझ गये कि वस्तुओंका नाम प्रायः रूपपर पड़ता है, चाहे वह किसी पदार्थकी बनी हों। यह

कहलाते हैं। परन्तु इनमें आपसमें बड़ा भेद है। कुछ भेद गिना सकते हो? सोहन, इन सब चीज़ोंकी जांच करके बतलाओ।

सो०—जी हां। सिरका रंगमें मैला भूरा है। तेल कुछ कुछ पीला है। पानी बेरंग है। छूनेमें तेलमें चिकनाहट होती है। सूंघनेमें सिरकेकी खट्टी झाल और तेलमें तिलकी बास मालूम होती है। पानीमें बास नहीं है। तेल पानी नहीं मिलता, सिरका पानी दोनों मिल जाते हैं। स्वादमें सिरका खट्टा, तेल ज़रा ज़रा मीठा और पानीमें पानीका मीठा या खारी स्वाद मालूम होता है।

मो०—गुरुजी, क्या धातु और अधातु द्रव चीज़ोंमें नहीं होतीं?

गु०—ज़रूर, एक तो द्रव पदार्थोंमें पारा ही धातु है. दूसरे, ठोस धातु भी गलाकर द्रव कर ली जाती है। चांदी, सोना, रांगा, सीसा तुमने लोगोंको गलाते हुए देखा होगा।

मो०—जी हां। मैंने सुनारके यहां बैठकर देखा है। उसने चांदी गलायी सो पारेकी नाईं हो गयी। उसे उसने एक सांचेमें उँडेल दिया जहां पड़ते ही चांदी जम गयी। पारा इस तरह नहीं जमता, बल्कि सुनार कहता था कि अगर पारेको इतनी आंच दूं तो उड़ जाय।

प्यारे०—गुरुजी, पारा उड़ कैसे जाता है?

गु०—पारा सचमुच उड़ नहीं जाता बल्कि हवामें तेज़ आंच देनेसे जल जाता है, उसकी लाल लाल राख इधर उधर ऐसी गिर जाती है कि देख नहीं पड़ती।

है और 'टीन' 'टीन' जिसे सब लोग कहते हैं वह सचमुच लोहेकी चादर है जिसपर रांगेकी कलई हुई है। अंग्रेज़ीमें रांगेको 'टिन' कहते हैं, इससे ही इस कलईदार लोहेको 'टीन' कहने लगे।

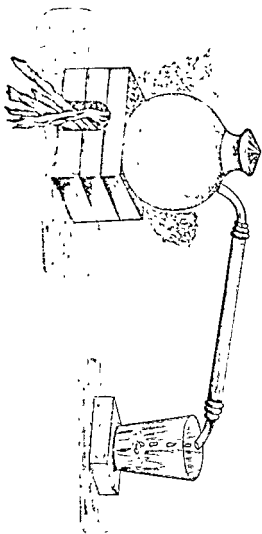
मो०—गुरुजी, अब मालूम हुआ—इसीसे टीनके बरतनोंमें भी मूरचा लग जाता है। मैं इसी चक्करमें था कि टीनमें भला मूरचा क्यों लगता है।

गु०—जब कलई छूट जाती है, लोहा निकल आता है हवा पानी पाकर मूरचा या ज़ंग लग जाता है।

अभ्यास

१—पदार्थ और वस्तुमें क्या भेद है? उदाहरण दो।
२—धातु और अधातुमें क्या भेद है? उदाहरण दो।
३—टीन क्या है?

१०—द्रव और उसका शोधन

गुरु—लड़को, हमने तुमको उस दिन समझाया था। ठोस चीज़ें आंचसे गलकर द्रव हो जाती हैं। आज चीज़ोंपर ही विचार करना है। देखो, इन तीन पानी, सिरका, तेल अलग अलग रक्खे गए हैं। शकलके हो जाने और ढालको ओर बहनेसे

चित्र न ११

मो०—तो कहना चाहिए कि पारा जल जाता है। गु आंच देकर खौलाते रहनेसे तो पानी भी जल जाता है।

गु०—नहीं, पानीका जल जाना कहना भूल है। पानी उ जाता है। अगर हवासे बचाकर बंद बरतनमें पारेको खौलावें और उसकी भापको ठंडी नलीके रास्तेसे ठंडे बरतन जाने दें तो पारा ज्योंका त्यों बटुर जाता है। इस तरह प जलेगा नहीं। पारेको शुद्ध करनेका भी यही उपाय है पानी किसी तरह खौलाया जाय जलता नहीं, केवल भ बनकर उड़ जाता है। अगर इसे भी बन्द बरतनमें खौल और ठंडी नलीसे इसकी भापको ठंडे बरतनमें आने दें भाप जमकर पानी बन टपक टपक कर उस ठंडे बरत इकट्ठा हो जाय। पानीको इसी तरह शुद्ध करते हैं। अत्त हकीम, वैद्य इसी तरह देगमें पानी भरकर खौलाते हैं टपका लेते हैं। तरह तरहके अरक़ गुलाबजल आदि तरह खींचे जाते हैं। देग़ भपकेकी शकल अगले पृष्ठपर है।

गोविन्द—क्या गन्दा पानी और तरहपर शुद्ध नहीं सकता?

गु०—जैसी गन्दगी होती है उसीके अनुसार उसे करनेकी रीतियां भी होती हैं। जो केवल गदलापन हो या तो जब मैल तलीमें बैठ जाय, पानी निथार लिया ज और नहीं तो छान लिया जाय। अगर गन्दगी पानीमें घु हुई है—जैसे खारी पानी या जिसमें नमककी सी चीज़ें गयी हों—उन्हें भपकेसे टपकाकर ही शोधते हैं।

प्यारे०—गुरुजी, निथारते कैसे हैं?

गु०—निथारने और छाननेकी रीतियां मैं तुम्हें दूसरे दि दिखाऊंगा। आज समय हो गया है।

इसे रख देते हैं कि गन्दगी बैठ जाय"। इतना कह गुरुजीने गिलास मेज़पर रख दिया।

प्यारे०—गुरु जी, नमक और खड़िया क्या गंदी चीज़ें हैं?

गु०—गंदी चीज़ किसे कहते हैं?

प्यारे०—जो मैली हो।

गु०—"मैली" तो "गंदी"का अर्थ हो गया। कहते हैं किस चीज़को? किस पदार्थको गंदी चीज़ कहते हैं?

प्यारे०—जैसे मेरे बस्तेका कपड़ा। इसपर स्याही लग गयी है तो अब यह "गंदा" हो गया, "मैला" हो गया।

गु०—मैला होनेका कारण क्या है, स्याही या तुम्हारा बस्ता?

प्यारे०—दोनों मिलकर।

गु०—ठीक है। न तो स्याही गंदी चीज़ है, न कपड़ा। स्याही जहां रहनी चाहिए, वहां रहे तो ठीक है। जहां उसे न होना चाहिए, वहां हुई तो गंदी चीज़ हुई। जो चीज़ उचित जगहमें नहीं है, और जिसका हटाना ज़रूरी है, जो बेकार है, उसे ही गंदी चीज़, मैल, कूड़ा आदि कहते हैं। इस पानीमें खड़िया और नमक होनेसे यह पाने योग्य नहीं है, इससे यह पानी गंदा हो गया है। (गिलासकी ओर दिखाकर) देखो, इतनी गंदगी तलीमें बैठ गयी। अब हम इसे निथारते हैं।

इतना कहकर गुरुजीने एक मोटी चिकनी सी सींक ली जिसमें कोई गांठ नहीं थी। गिलासको धीरेसे उठाकर एक गिलासके पास ले जाकर टेढ़ा किया और नीचेके

अभ्यास

१—शहद, शीरा, शरबत, सिरका, कड़वा तेल और ... जांच करो और पहलेकी तरह नक़शा बनाकर अपनी जांचको लिखो।

२—क्या कोई द्रव धातु भी जानते हो ? उसके गुण बताओ।

३—"खौलानेसे पानी जल जाता है। आगपर रखनेसे पारा उड़ ... है"। इन वाक्योंमें क्या भूल है ?

४—द्रव पदार्थोंको शोधनेकेलिए अत्तार, वैद्य, हकीम ... हैं उसका वर्णन करो।

५—देग भपकेका एक नक़शा खींचकर दिखाओ।

११—निथारना और ...

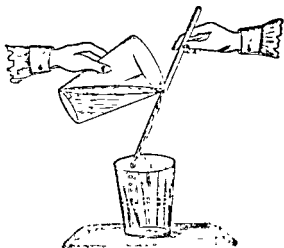
दूसरे दिन गुरुजीने मेज़पर एक कांचके गिलासमें साफ़ पानी लेकर लड़कोंको चखाया। लड़कोंने कहा पानी ही पानी है, और कोई स्वाद तो नहीं है। ... मेज़पर रक्खा और बोले—

"देखो, यह पानी बिलकुल साफ़ है। आधपाव से ... होगा। इसमें हम आधी छटांकके लगभग नमककी ... खड़िया मिट्टीकी बुकनी डालकर खूब हिलाते हैं। (... डाली और खूब हिलाया) देखो, यह पानी गदला हो

मोहन०—गुरुजी, छान देखिए।

गु०—ज़रूर। मगर क्या बतला सकते हो कि कैसे छानें?

चित्र नं० ११

मो०—किसी बारीक कपड़ेमें।

गु०—देखो, इस बारीक कपड़ेमें गदले पानीको छानते हैं। (छानकर) अब भी पानीमें कुछ कुछ गदलापन रह गया है। बिलकुल साफ़ नहीं छना।

मो०—गुरुजी, शरबत ठंढाई दूध आदि तो इसी तरह छानते हैं।

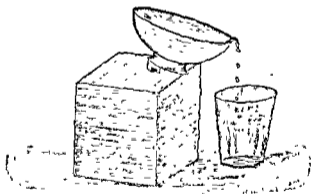
गु०—जैसे आटेसे चोकर अलग करनेको चलनीसे छानते हैं, और मैदा बारीक कपड़ेसे, उसी तरह ठंढाई आदिसे बड़ी चीज़ें अलग करनेको कपड़ेसे छानते हैं। कोई कपड़ा ऐसा नहीं जिससे कुछ न कुछ बारीक मैदा न छन जाय और

किनारेपर उसी सींकका सहारा इस तरह लगाया कि पानी उसी सींकसे गिरने लगा*। गिरते गिरते अब इतना कम हो गया कि खड़िया भी आने लगी तो डालना बन्द कर दिया और गिलासमें इकट्ठा किया हुआ पानी दिखाकर कहा "देखो, यह पानी भी साफ़ है, मगर इसे ज़रा चखो तो। [चित्र न० १३]

कई लड़कोंने चखा और कहा कि यह तो नमकीन है।

गु०—देखो, देखनेमें पानी क़रीब क़रीब साफ़ है, पर नमकीन होनेसे साफ़ ज़ाहिर है कि नमक निथारनेसे नहीं निकला।

---

* नशास्ता या सत बनानेवाले और तरहपर निथारते हैं। बरतन किनारेपर रुई या कपड़ेकी ढीली बत्ती इस तरह लगाते हैं कि आधी

चित्र नं० १२

पानीमें और आधी बाहर रहती है। बरतनको ज़रा टेढ़ा कर देते हैं कि पानी बत्तीके पास ठीक किनारेपर लगा रहे। बत्तीके सहारे साफ़ पानी टपकता जाता है। [चित्र नं० १२]

दोपत्ती कर देते हैं; जब अर्द्धचन्द्राकार हो जाता है तो फिर उसे लपेटकर चौपत्ती कर देते हैं। फिर एक पर्त्तके भीतर अंगुली डालकर (दिखाकर) इस तरह कीपकी शकल बनाकर कीपमें लगा

चित्र नं० १४

कर पानीसे भिगो देते हैं। अब छन्ना कीपमें लिपट गया है। इसे बोतलपर इस तरहसे लगा दिया कि बोतलके मुँह और कीप-

चित्र नं० १५

चित्र नं० १६

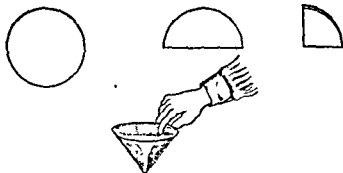
कितनी ही बारीक बेघुली चीज़ क्यों न हो गदलापन ज़रूर पैदा करेगी।

मो०—क्यों नहीं, मोमजामेसे शायद मैदा न गिरे।

गु०—तो मोमजामेसे तो पानी भी नहीं छनता।

मो०—तो क्या छाननेका और कोई उपाय नहीं है?

गु०—साफ़ छाननेकेलिए छन्ना-काग़ज़ काममें लाते हैं। छन्ना-काग़ज़ बहुत पतले सोख़ता या स्याही-चूसकी तरह होता है।

गोपाल—क्या और काग़ज़ोंसे नहीं छान सकते?

गु०—नहीं। देखो, मामूली काग़ज़पर पानी डालते हैं [पानी डालकर] दूसरी ओर अभी भीगा भी नहीं, पर स्याही-चूसपर पानी डालते ही कैसा आरपार हो गया।

गोविंद—स्याही-चूसमें क्या ख़ास बात है जो छान सकता है?

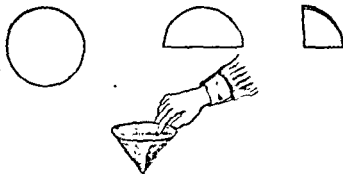
गु०—इसमें बारीक छेद हैं जो काग़ज़के रेशोंसे बने रहते हैं। इन रेशोंके सहारे छेदोंसे पानी तो निकल जाता है पर ठोस चीज़ रेशोंके ऊपर ही रह जाती है। मामूली काग़ज़के छेद ज़्यादा बारीक हैं और रेशे ऐसे दबाकर बैठाले हुए हैं कि वह छेद भी बन्द रहते हैं। दबे हुए रेशे पानीको नहीं खींचते। देखो, बत्तीका भी यही हाल है। अगर ख़ूब दबाकर और कसकर बटी जाय तो तेल कम खींचती है और जिस बत्तीमें रेशे दबे हुए नहीं हैं तेल आसानीसे खींचती है।

आज हम सोख़तेसे ही काम लेंगे। पतले सोख़तेको पहले हम गोल काटते हैं, फिर बीचसे उलटकर

दोपर्त्ता कर देते हैं; जब अर्द्धचन्द्राकार हो जाता है तो फिर उसे लपेटकर चौपर्त्ता कर देते हैं। फिर एक पर्त्तके भीतर अंगुली डालकर (दिखाकर) इस तरह कीपकी शकल बनाकर कीपमें लगा

चित्र नं० १४

कर पानीसे भिगो देते हैं। अब छन्ना कीपसे लिपट गया है। इसे बोतलपर इसकेसे लगा दिया कि बोतलके मुंह और कीप-

चित्र नं० १५

कितनी ही बारीक बेघुली चीज़ क्यों न हो गदलापन पैदा करेगी।

मो०—क्यों नहीं, मोमजामेसे शायद मैदा न गिरे।

गु०—तो मोमजामेसे तो पानी भी नहीं छनता।

मो०—तो क्या छाननेका और कोई उपाय नहीं है!

गु०—साफ़ छाननेकेलिए छन्ना-काग़ज़ काममें लाते हैं। छन्ना-काग़ज़ बहुत पतले सोख़ता या स्याही-चूसकी होता है।

गोपाल—क्या और काग़ज़ोंसे नहीं छान सकते!

गु०—नहीं। देखो, मामूली काग़ज़पर पानी डालो [पानी डालकर] दूसरी ओर अभी भीगा भी नहीं, पर चूसपर पानी डालते ही कैसा आरपार हो गया।

गोविंद—स्याही-चूसमें क्या ख़ास बात है जो सकता है?

गु०—इसमें बारीक छेद हैं जो काग़ज़के रेशोंमे रहते हैं। इन रेशोंके सहारे छेदोंसे पानी तो निकल है पर ठोस चीज़ रेशोंके ऊपर ही रह जाती है। काग़ज़के छेद ज़्यादा बारीक हैं और रेशे ऐसे बैठाले हुए हैं कि वह छेद भी बन्द रहते हैं। रेशे पानीको नहीं खींचते। देखो, बत्तीका भी यही हाल अगर ख़ूब दबाकर और कसकर बटी जाय तो कम खींचती है और जिस बत्तीमें रेशे दबे हुए नहीं आसानीसे खींचती है।

गु०—नहीं, पहले तो मिट्टी घुलती ही नहीं और घुलती ी है तो रवादार नहीं होती। क्योंकि मिट्टी रवादार है ही हीं।

मो०—क्या, मिट्टी रवादार नहीं है? नन्हे नन्हे रवे तो मट्टीमें भी होते हैं?

गु०—'रवे' से मतलब कणसे नहीं है। छोटे छोटे सूक्ष्म णोंसे ही, जो किसी तरह देखे नहीं जा सके हैं, सारे संसार-के पदार्थ बने हैं। इन्हीं कणोंको 'अणु' कहते हैं। इन्हें 'रवा' नहीं कहना चाहिए। 'रवा' ख़ास चमकीली शकलको कहते हैं। नमकके रवे सबके सब चमकीले चौकोर घन होते हैं। इन नमकके टुकड़ोंको [लड़कोंको देते हुए] ध्यानसे देखो, इनमें घन रवे तमाम जमे हुए हैं। एक साथ ऊपर नीचे जम जानेसे ऊपरसे घन नहीं दीखते पर इनमेंसे छोटे छोटे घन रवे तड़फकी जगहपर छेनी या चाकूकी धार लगाकर ज़रा चोट देनेसे निकल आते हैं। देखो, हम दो चार निकालकर तुमको दिखलाते हैं।

यों कहते हुए गुरुजीने चाकूकी धार तड़फकी जगह लगाकर हलकी चोट दे देकर नमकके टुकड़ोंमेंसे कई घन रवे निकाले। इन रवोंको उन रवोंसे मिलाया जो नमकके पानीमें मिले थे।

गु०—अच्छा, इन रवोंको ज़रा तालके सहारे देखो।

यों कहते हुए गुरुजी एक गोल काँच निकाल लाये और दिखाया।

गोपाल—गुरुजी, ताल किसे कहते हैं?

मो०—क्या सब पानी उड़ा देनेकी ज़रूरत नहीं है ?

गु०—सब पानी उड़ा देनेसे बड़े रवे न बँधेंगे, बुकना सा रह जायगी और कुछ खुरंड सा होकर कटोरीसे लग भी जायगा।

मो०—यह कैसे मालूम हो कि 'काफ़ी' पानी खौलकर निकल गया है, अब ठंडा करना चाहिए ?

गु०—एक कांचके कलमके सिरेको, या मामूली गोल चिकनी कलमकी डंडीको ज़रा उसमें डुबोकर निकाल लो और फूँककर भीगे हुए भागको ठंडा करो। अगर उस जगह रवे बन जायँ समझो कि काफ़ी पानी निकल गया।

इतना कह गुरुजीने कटोरीके खौलते पानीकी इस तरह जाँच की तो कलमकी डंडीपर बारीक सफ़ेद रवे बन गये। गुरुजीने चीमटेसे कटोरी उतार ली और ठंडी होनेको रख दी। ठंडी होनेपर बहुतसे रवे जम गये। लड़कोंने चखा तो नमक था।

मो०—गुरुजी, क्या इससे बड़े रवे नहीं बन सकते ?

ग०—कुछ और बड़े क्यों नहीं बन सकते, पर जल्दी दिखानेकेलिए पानीको ज़्यादा खौलाया गया। अब देखो हम तूतियाकी बुकनी इस शीशीमें पानीमें घोलते हैं, और इसे भी खौलाते हैं।

गुरुजी उसे एक तामचीनीके प्यालेमें खौलाने लगे। ज्योँ ही ज़रासे रवे कलमकी डंडीपर दीखे ठंडा होनेको ऐसी जगह रख दिया जहाँ ज़रा भी हिलने डोलने न पावे। लड़कों से कहा 'इसे कल देखेंगे'।

मो०—क्या मिट्टीके भी रवे इस तरह बन सकते हैं ?

०—नहीं, पहले तेा मिट्टी घुलती ही नहीं और घुलती
तेा रवादार नहीं होती। क्योंकि मिट्टी रवादार है ही

ग०—क्या, मिट्टी रवादार नहीं है? नन्हे नन्हे रवे तेा
में भी होते हैं?

गु०—'रवे' से मतलब कणसे नहीं है। छोटे छोटे सूक्ष्म
से ही, जेा किसी तरह देखे नहीं जा सके हैं, सारे संसार-
ार्थ बने हैं। इन्हीं कणोंको 'अणु' कहते हैं। इन्हें 'रवा'
कहना चाहिए। 'रवा' ख़ास चमकीली शकलको कहते
नमकके रवे सबके सब चमकीले चौकोर घन होते हैं।
नमकके टुकड़ोंको [लड़कोंको देते हुए] ध्यानसे देखो, इनमें
रवे तमाम जमे हुए हैं। एक साथ ऊपर नीचे जम जानेसे
रसे घन नहीं दीखते पर इनमेंसे छोटे छोटे घन रवे
ककी जगहपर छेनी या चाकूकी धार लगाकर ज़रा चेाट
से निकल आते हैं। देखेा, हम दो चार निकालकर तुमको
बलाते हैं।

यों कहते हुए गुरुजीने चाकूकी धार तड़ककी जगह
ाकर हलकी चोट दे देकर नमकके टुकड़ोंमेंसे कई घन रवे
काले। इन रवोंको उन रवोंसे मिलाया जेा नमकके पानी-
मिले थे।

गु०—ताल कांचके गोल टुकड़े होते हैं जो बीचसे या तो पतले या मसूरकी तरह मोटे होते हैं। जो बीचसे मोटे होते हैं, उनसे बारीक चीज़ें बड़ी दीखती हैं। इस तालसे भी बारीक रवोंको ज़रा बड़ा देख सकोगे।

लड़कोंने बारी बारीसे रवोंको देखा और कहा 'हां, नमकके रवे घन होते हैं'।

प्यारे—क्या और चीज़ोंके रवे और और शकलोंके होते हैं?

गु०—हां, पर एक ही चीज़के रवे प्रायः एक ही शकलके होते हैं।

चित्र नं० १

मो०—तो गुरुजी, ठोस पदार्थ दो तरहके हुए एक तो रवेदार दूसरे बेरवा।

गु०—हां, मगर, यह केवल रूपके ख़यालसे दो तरहके हुए। ऐसी भी चीज़ें हैं जो एक दशामें रवेदार और दूसरीमें बे-रवा होती हैं। इनका ज़्यादा हाल तुम्हें ऊंचे दरजोंमें मालूम होगा।

अभ्यास

१—रवे बनानेकी क्या रीति है?

२—क्या सब चीज़ें रवादार होती हैं? 'रवा' किसे कहते हैं?

३—'ताल' क्या है?

४—शोरा और फिटकिरीके रवे बना

१३—घोल

अगले दिन गुरुजीने तृतियावाला प्याला लड़कोंको दिखाया। उसमें नीले नीले तीन कोनवाले लम्बे से रवे पड़ गये थे जो नमकवाले रवोंसे कहीं बड़े थे और बड़े सुन्दर लगते थे। गुरुजीने उसे सबको दिखाकर पिछले पाठकी बातें याद दिलायीं और फिर उन रवोंको रख दिया और रोज़का काम शुरू हुआ।

मो०—गुरुजी, आप उस दिन कहते थे कि बिलकुल घुले हुए होनेके यही लक्षण हैं कि गदलापन बिलकुल न हो। मैंने लाल शकरका शरबत बनाकर शीशीमें रक्खा तो गदला था, तो क्या शकर पूरी तौरसे घुल नहीं जाती?

गु०—शकर तो पूरी घुल जाती है पर उसमें जो मैल होता है उसके न घुलनेसे गदलापन रहता है।

मो०—आपकी बतायी हुई रीतिसे छाननेपर गदलापन तो दूर हो गया, पर रंग ज्योंका त्यों बना रहा।

गु०—हां, रंग तो घुल जाता है, इसीसे छाननेसे दूर नहीं होता।

मो०—हां गुरुजी, उस दिन आपने यह न बताया कि घुली हुई गन्दगी पानीसे किस तरह दूर की जा सकती है।

गु०—भपकेकी तुम्हें ज़रूर याद होगी। बस, उस पानीको देगमें खौलाते हैं तो भपकेसे साफ़ पानी टपक जाता है और घुली हुई चीज़ देगके पेंदेमें रह जाती है।

मो०—इस तरह अगर हम शरबतको खौलाकर टपकाएं तो शकर और रंग दोनों ही देगमें रह जायँगे।

गु०—ज़रूर। कोई भी द्रव हो, अगर उसमें ऐसे पदार्थ घुले हुए हैं जो उसके उबलनेपर साथ ही साथ हवा बनकर नहीं उड़ जा सकते, तो उस द्रवको घुलित पदार्थोंसे इस तरह अलग कर सकते हैं। नमक पानीके साथ हवा बनकर उड़ नहीं सकता, इसलिए नमकसे इस तरह पानीको अलग कर सकते हैं, पर सौंफ़ और पानीको इस तरह खौलाकर टपकावें तो सौंफ़का अरक़ बन जाता है, क्योंकि सौंफ़में कुछ पदार्थ ऐसा भी है जो पानीमें घुलनशील है परन्तु उसके साथ ही साथ उड़कर टपक भी जाता है। इसीसे सौंफ़के अरक़में पानी अलगाना चाहो तो भपकेसे ऐसा नहीं कर सकते।

प्यारे०—गुरुजी, घुलनशील क्या?

गु०—मोहनने पानीमें शकर घुलायी। शरबत तैयार हुआ। इस शरबतको पानीमें शकरका घोल कहना चाहिए। पानी घोलक अर्थात् घुला लेनेवाला हुआ। शकर पानीमें घुल सकती है, सो घुलनशील हुई। जो घुली है, वह घुलित कहलायगी। इसलिए—

१—जो पदार्थ किसी औरको अपनेमें घुला सके वह घोलक कहलाता है, जैसे पानी।

२—जो पदार्थ किसी औरमें घुल सके उसको घुलनशील कहते हैं, जैसे शकर।

३—एक पदार्थमें दूसरा घुला हुआ है, इस मेलको घोल कहते हैं, जैसे शरबत।

४—जो पदार्थ घुला हुआ है, उसे घुलित कहते हैं, जैसे शरबतमें शकर।

गो०—शकर आदि ठोस पदार्थ तो पानीमें घुल जाते हैं पर क्या और द्रवोंका भी यही हाल है?

गु०—नहीं। किसी द्रवमें कोई ठोस घुल जाता है, किसीमें नहीं घुलता। देखो, मिट्टीके तेलमें कपूर ज़्यादा घुलता है, पर पानीमें अत्यन्त कम घुलता है। सब घोलक सभी घुलनशीलोंको घुला नहीं सकते, तिसपर भी पानीकी घोलनशक्ति सभी द्रवोंमें बढ़ी चढ़ी है। इसमें अनेक ठोस, अनेक द्रव, अनेक गैस घुल जाती हैं।

प्यारे०—क्या गैस और द्रव भी पानीमें घुल जाते हैं?

गु०—क्यों नहीं? पानीमें क्या, किसी घोलकमें घुल जायँगे। हम पानीका ही उदाहरण लेंगे। देखो, पानीमें सिरका मिल जाता है, मगर तेल और पानी नहीं मिलते। तेल नहीं घुलता।

गो०—गुरुजी, अगर शराब और पानी मिलाएं तो कौन घोलक होगा और कौन घुलित?

गु०—शराब और पानी मिलाने में जो अधिक होगा वही घोलक होगा, दूसरा घुलित।

मो०—आपने कहा कि गैस भी घुल जाती है। क्या पानीमें गैस घुल सकती है?

गु०—घुल सकती क्या, हवा तो घुली हुई है। नदीके पानीमें जो हवा घुली हुई है उसे ही पीकर मछलियां जीती हैं। पानीमें जो मीठा सा स्वाद है, हवाके होनेसे है। जो औटाया हुआ पानी ठंडा करके रोगियोंको पिलाया जाता है वह कैसा स्वादहीन होता है। बात यह है कि औटानेसे हवा निकल जाती है और ठंडा करनेपर हवा अच्छी तरह मिलने नहीं पाती और रोगी उसे पीता है। सोडा वाटर आदि शीतलके पानीमें यही हवा दबाव डालकर घुला दी

गयी है जो सांससे या कोयला आदि जलानेसे भी निकलती है।

गो०--अच्छा! यही बात है कि खोलनेपर बड़े वेगसे हवा निकलने लगती है। बोतल तो ठंडी रहती है, पर देखनेमें उबलती मालूम होती है।

गु०—यह उबलती नहीं है बल्कि दबी हुई हवा निकलने लगती है।

अभ्यास

१—घुली हुई गंदगीसे पानी कैसे साफ कर सकते हैं? वह कौनसी घुलित गंदगी है जो भपकेसे भी बिलकुल दूर नहीं होती?

२—घोल, घोलक, घुलनशील और घुलित शब्दोंकी व्याख्या करो और उदाहरण दो।

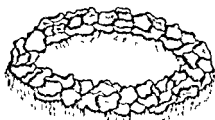
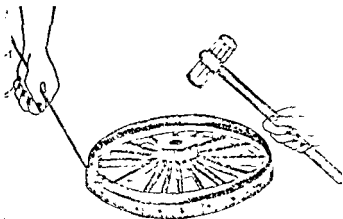
३—आधसेर सिरकेमें छटांक भर पानी मिलाया। इनमें घोलक कौन है और घुलित कौन है?

४—दूध घोल है या नहीं?

५—द्रवमें गैसके घुलनेका उदाहरण दो।

१४—गरमीका प्रभाव

प्यारे०—गुरुजी, कल शामको मैं गाड़ीवानके साथ साथ लोहारकी दूकानपर गया था। पहियेपर हाल चढ़वानी थी। हाल पहियेसे कुछ छोटी थी। यों नहीं चढ़ती थी। लोहारने हालके चारों ओर कंडेकी आंच कर दी, जब वह लाल हो गयी तो ठीक पहियेके बराबर हो गयी और उसने हथौड़ेसे ठोककर चढ़ा दी। मैंने समझा था कि जब इतनी बढ़ गयी तो उसके उतर जानेमें कोई कठिनाई न होगी। पर उसने

तुरन्त पानीसे ठंडा कर दिया। वह इतनी ठस बैठ गयी कि किसी तरहपर नहीं उतरती। [देखो चित्र नं० १८ और १६]

चित्र नं० १८

चित्र नं० १६

गु०—गरमीसे लोहा फैल गया था। पानीसे ठंडा करनेसे पहलेकी तरह फिर छोटा हो गया, सिकुड़ गया। इस तरह पहियेको उसने चारों ओरसे ऐसा मज़बूत थाम लिया कि निकल नहीं सकता।

प्यारे०—तो गरमीसे क्या लोहा फैल जाता है?

गु०—हां। लोहा क्या, ठोस द्रव गैस सभी पदार्थ गरमीमें फैल जाते हैं।

मोहन—आपने तो बताया था कि गरमी पाकर ठोससे द्रव और द्रवसे गैस बन जाती है।

गु०—तो ठोससे द्रव और द्रवसे गैस बनना भी तो फैलना ही है। लोहेको उसने उतनी ही आंच दी कि लोहा ज़रा फैल जाय। न तो गलाकर द्रव करना उसका मतलब था और न उतनी ही आंचमें लोहा गल सकता है।

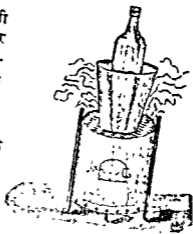
मो० गुरुजी, लकड़ीका हाल तो बिलकुल उलटा मालूम होता है।

गु०—क्यों?

मो०—लकड़ी गरमीमें सिकुड़ जाती है और सरदीमें फैल जाती है। अकसर देखा गया है कि लकड़ीके फैल जानेसे बरसातमें किवाड़की कुंडी नहीं चढ़ती।

गु०—बरसातमें नमी पाकर लकड़ी फूलकर फैल जाती है और गरमीमें सूखकर अकड़ जाती है। लकड़ीका यह सिकुड़ना फैलना पानीके कारण है, सरदी गरमीके कारण नहीं है।

श्याम०—क्या गरमी पाकर पानी भी फैलता है?

गु०—इसकी जांच की

चित्र नं० २०

ना सकती है। अंगीठीपर हम एक पीतलके गिलासमें पानी
गेलाते हैं और [दिखाकर] उसमें इस पतली लम्बी शीशीको
नीसे गलेके नीचे तक धीरेसे भरकर रख देते हैं। बराबर
खते रहो कि पानी किस तरह फैलता है। [देखो चित्र नं० २०]

मो०—आपने शीशीको गिलासमें क्यों रक्खा ? आगपर
ों न रख दिया ?

गु०—तुमने अच्छा प्रश्न किया। जबतक गिलासका पानी
ले और शीशीके गलेमें चढ़े तबतक हम इस प्रश्नपर
चार करेंगे। देखो, यह बांसकी कमची हम एक ओर
लाते हैं, दूसरी ओर गरमी तनिक भी नहीं पहुंचती। यह
, चीमटे के एक सिरे को आंचमें रखते हैं (दिखाकर)।
नी ही देरमें दूसरा सिरा भी गरम हो चला। (लड़कोंको
खाकर) अब तुम्हें दो तरहकी चीज़ें मालूम हुईं, एक तो वे
नमें गरमी झटपट फैल जाती है, दूसरी वे जिनमें गरमी
हीं फैलती, या देरमें फैलती है। कांचमें भी गरमी देरमें
ैलती है। इस शीशीका भी यही हाल है।

श्याम०—तो शीशीमें जल्दी आंच देनेको तो आगपर ही
खना ठीक था।

गु०—पर गरमीके प्रभावपर भी तो विचार करो। अभी
ुम समझ चुके हो कि गरमीसे चीज़ें फैल जाती हैं।
जितनी आंच तेज़ होगी उतनी ही चीजें फैलेंगी। मान लो कि
ीशी आगपर रक्खी गयी। अब जो भाग तेज़ आंचके पास
ड़ेगा झट फैल चलेगा। मगर कांचमें गरमी देरमें फैलती है,
सलिए और भाग नहीं फैलेंगे। कुछ फैलने और बाक़ी न
ैलनेसे शीशी आंचके पाससे चटख़ जायगी। पानीमें रखनेसे

एक तो चारों ओर बराबर गरमी पहुँचेगी, दूसरे खौलते हुए पानीमें भी इतनी तेज़ आँच नहीं होती जितनी इस अंगीठीमें है।

मोहन—गुरुजी, देखिए शीशीके गलेमें पानी धीरे धीरे चढ़ रहा है।

गु०—हां और गिलासका पानी खौला भी नहीं है। देखते रहो, अभी और चढ़ेगा।

प्यारे०—गुरुजी, पारा तो बड़ी जल्दी चढ़ता है। मेरी माताको ज्वरमें सरसाम हो गया था। शहरसे एक अंग्रेज़ डाक्टर आया। उसने अपनी जेबसे एक शीशेका क़लम निकाला उसके एक सिरेपर पारा भरा था। पारेके पाससे दूसरेसिरेतक बालकी तरह बारीक नली थी और बराबरके निशान बने हुए थे। इसे वह थरमामीटर या तापमापक कहता था। पहले तो पारा एक सिरेपर था। तापमापकको माताजीकी बग़लमें लगाकर थोड़ी देरमें निकाला तो उसमें पारा १०५ अंश चढ़ गया था।

गु०—हां ठीक है। पारा भी चढ़ता है। ताप मापकमें जो निशान हैं उनके बराबर पारेके चढ़नेसे गरमी नापी जाती है। [शीशीको दिखाकर] हां, अब देखो, पानी कैसा चढ़ गया है!

श्याम०—जी हां, आध इंचके लगभग चढ़ गया।

गु०—अच्छा, अब इसे उतारकर ठंडा होने देते हैं। देखें पानी कितना उतरता है।

इतना कह गुरुजीने चिमटेसे शीशी समेत गिलास उतार लिया और शीशी निकालकर ठंडी होनेको रख दी।

मो०—गुरुजी, गरमीसे हवा भी फैलती है, इसकी जांच कैसे की जाय?

गु०—यह तो कोई कठिन बात नहीं है। देखो, गरमी कम होनेसे शीशीके गलेसे पानी उतर रहा है। जब ठंडी हो जायगी, पानी पहली जगहपर उतर आयगा, तब इसीमें हवाके फैलनेकी भी जांच करेंगे।

प्यारे०—गुरुजी, जैसे गरमीसे चीज़ें फैलती हैं। उसी तरह सब चीज़ें क्या सरदीसे सिकुड़ती भीहैं?

गु०—हां, सिकुड़ती भी हैं। पर गरमी सरदी दो चीज़ें नहीं हैं। जिन चीज़ोंको हम अपने शरीरसे ज़्यादा गरम पाते हैं, उन्हें गरम कहते हैं; और जिन्हें हम शरीरसे कम गरम पाते हैं, ठंडी कहते हैं सुराहीका पानी ठंडा होता है पर नलेके पानीसे गरम ठहरेगा। इस तरह जिसे हम 'सरदी' कहते हैं वह केवल "कम गरमी" है। गरमी कम हुई तो चीज़ सिकुड़ी और ज़्यादा हुई तो फैल गयी।

अब शीशीमें पानी अपनी जगहपर उतर आया है। [इसे पानीमें खाली करके] बताओ अब इसमें क्या है?

गोपाल—अब इसमें कुछ नहीं है।

श्याम०—नहीं, इसमें हवा है।

गु०—ठीक है, इसमें हवा भरी हुई है। देखो, [f पानीमें

हैं, तो हवा बुलबुलेके रूपमें निकलती हैं। अगर नीचे मुँह करके सीधा डुबोएं [कांचके गिलासमें डुबोकर] तो शीशीमें पानी नहीं भरता। मुँह डुबोते हैं तो भक भक हवा निकलती जाती है, पानी भरता जाता है।

गुरुजीने शीशीसे पानी अच्छी तरह गिराकर उसे बाहरसे खूब पोंछकर सुखा लिया; एक काँचके गिलासमें मुँहके बल रक्खा और गिलासमें पानी भर दिया। एक लकड़ीके सहारे शीशीको ज़रा दूरसे दबा रक्खा। और एक दूसरी लकड़ी मिट्टीके तेलमें भिगोकर जलायी और उसकी लौको शीशीके चारों ओर बराबर फेरा। जब लपट

चित्र नं० २२

५—क्या सब चीज़ोंमें गरमी एक ही मानसे फैलती है? उदाहरण दो। मामूली शीशी आगपर रखनेसे क्यों चटक जाती है?

६—लकड़ी गरमीमें घटती और बरसातमें बढ़ती क्यों है?

१५—शक्ति

मोहन—गुरुजी, आपने कल जो प्रयोग दिखाये उनसे यह मालूम हुआ कि गरमीसे सब चीज़ें फैलती हैं। और आपने पदार्थोंकी अवस्था जब बतायी तब यह दिखाया था कि गरमी पाकर ठोससे द्रव और द्रवसे गैस बन जाती है और वह भी एक तरहका फैलना ही है। तो गरमीका प्रभाव यही हुआ कि वह फैलाती है।

गु०—ठीक है। अब तुम समझ सकते हो कि गरमी सभी पदार्थोंको फैला सकती है। उससे काम लिया जा सकता है। लोहारने जब पहियेपर हाल चढ़ानी चाही तो हालको फैलानेका काम गरमीसे लिया। पानीके छींटे देकर गरमी कम की तो इस कमीसे सिकुड़ानेका काम लिया। आंचपर पतीलीमें पानी खौलता हो उसपर कटोरी रक्खो तो भापके बलसे कटोरी हिलती रहती है। यह भाप आंचसे ही बनती है। तो, यों समझना चाहिए कि गरमीके ही बलसे कटोरी हिल रही है। तुम जानते हो कि रेलका अंजन भापके बलसे चलता है और भाप पैदा करनेको मनों कोयला जलाते हैं। अब तुम समझ गये कि असलमें गरमीके ही बलसे रेल चलती है। गरमीमें जो फैलानेका गुण है उससे एक जगहसे दूसरी जगह तक हटानेका काम लिया जाता है।

श्याम०—गुरुजी, मैंने सुना है कि अंजनसे आटेकी चक्की भी चलायी जाती है।

गु०—हां गरमीसे हज़ारों तरहके काम लिये जाते हैं। खाना पकाना, आटा पीसना, धान कूटना, किताबें छापना, सूत कातना, कपड़े बुनना, औज़ार बनाना, सब काम गरमीकी शक्तिसे होते हैं। पिछली जांचमें हवाके सिकुड़नेसे चढ़ा हुआ पानी जो फिर हटकर गिलासमें लौट जाता है, वह भी गरमीका ही काम है; गरमीमें शक्ति है।

सो०—'शक्ति' किसे कहते हैं ?

गु०—शक्ति उसे कहते हैं जो स्थिर पदार्थोंमें गति उत्पन्न करे अथवा गतिवान पदार्थोंकी गतिको रोके। पदार्थोंको एक जगहसे दूसरी जगह हटानेकेलिए और चलते हुए पदार्थोंको रोकनेकेलिए शक्ति लगानी पड़ती है।

सो०—इस तरह हम हाथसे एक चीज़ दूसरी जगह जो हटा सकते हैं वह हाथकी शक्ति हुई।

गु०—पर हम केवल हाथमें ही यह शक्ति नहीं रखते। हमारे शरीरभरमें हिलाने डुलानेवाली रगें हैं। इन रगोंसे बदन भरमें हिलाने डुलानेकी शक्ति फैली हुई है। यह शारीरिक शक्ति है। जिस अंगमें सुन्नरोग हो जाता है, वह हिल डोल नहीं सकता।

श्या०—गुरुजी, घड़ीमें भी तो सुई चला करती है उसमें कौन सी शक्ति है ?

गु०—घड़ीमें कमानी लगी होती है। किसी कमानीको झुकाओ तो वह सीधी होनेके यत्नमें लगी रहेगी। बांसकी किसी कमचीको झुकाकर दोनों सिरोंको मज़बूत रस्सीसे बांधो तो रस्सी खिंची रहेगी। इसे धनुष या कमान कहते

है। जिस बलसे रस्सी खिंची हुई है, यह कमानकी शक्ति है। घड़ीमें जो कमानी लगी हुई है उसमें भी ऐसी ही शक्ति है। चाबीसे जब कमानी कस दी जाती है, घड़ी चलने लगती है।

मो०—गुरुजी, जो चाबी कस देता है वह अपने शरीरकी शक्ति भी तो लगाता है। तो घड़ी मानों उसके शरीरकी शक्तिसे चलती है।

गु०—ठीक है, जितने काम होते हैं सबमें पहले पहल कोई शक्ति अवश्य लगती है। देखो, हमारे शरीरमें भी जो शक्ति कहाँसे आती है। खाना खानेसे गरमी और शक्ति पैदा होती है। खाना न खायँ तो दुबले और कमज़ोर हो जा... 'शक्तिहीन' हो जायँ।

मो०—गुरुजी, आपने बतलाया कि शक्तिसे कोई पदार्थ अपनी जगहसे हट जाता है। मगर हिलती हुई चीज़को जब हम हिलनेसे रोकते हैं तब भी शक्ति लगाते हैं।

गु०—हाँ, मगर कोई चीज़ हिलती है तो वह किसी शक्तिसे ही चलती है और किसी ख़ास तरफ़को चलती है। जब हम उसे रोकना चाहते हैं तो उलटी तरफ़को अपनी शक्ति लगाते हैं। फल यह होता है कि दोनों शक्तियां एक दूसरेको रोक देती हैं और चलना रुक जाता है। अगर वह किसी पदार्थको हटानेमें लगायी जाती तो हटा भी सकती।

मो०—शक्तिकी सभी बातें बड़े कामकी मालूम होती हैं। गुरुजी, आप कलोंकी बात भी बतलाइए।

गु०—जो बातें हमने तुम्हें बतलाई हैं वह तो बिलकुल थोड़ी हैं। शक्तिकी सारी बातें जाननेकेलिए यंत्र-विज्ञान

सम्पादकीय वक्तव्य

भौतिक और रसायन विज्ञानके प्राथमिक सिद्धांतोंका इसमें समावेश है क्योंकि यह दोनों विज्ञानकी साधारण शाखाएं हैं।

इस पुस्तकके लिए सारे चित्र जिनकी संख्या ६२ हैं, म्योर कालेजके श्री बाबू भगवतीप्रसाद माथुर बी. एस-सी ने बड़े परिश्रमसे तैयार किये जिसके लिए वह परिषद्के धन्यवादार्ह हैं।

अगले संस्करणोंमें सुधारकेलिए शिक्षक महोदयोंसे प्रार्थना है कि अपनी सम्मतिसे हमें लाभ पहुंचावें। हम उनकी सम्मतियोंको कृतज्ञतापूर्वक सार्थक करनेका पूरा उद्योग करेंगे।

ज्येष्ठ पूर्णिमा १९७४ — गङ्गानाथ झा

शुद्धिपत्र

पृष्ठ	पंक्ति	अशुद्ध	शुद्ध	विषय
२८	८	चढ़	इंच	लम्बाई नापनेकी ब्रि
४५	८	एक एक एक	एक एक	ब्रिटिश और मेट्रि
५७	५	नलिकाका	नलिका	मेट्रिक मानका
६४	१३	सेंटीमीटर	घनसेंटीमीटर	अभ्यासार्थ प्रश्न
७०	४	बेलनका	बेलनके	दूरी नापनेकी
७४	४	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{3}$	नापने समय
८०	२४	भा	भी	प्र० १–किसी
९१	२४	किलोमीटर	किलोग्राम	औसत निक
९९	५	वही	यही	प्र० २–लम्
१०६	२४	७५	·७५	अभ्यासार्थ
१०७	१६	रहे	रही	प्र० १–
११६	२०	$1\frac{1}{2}$	१' $1\frac{1}{2}$	प्र० ५–
११७	१२	घाम	..	ग का
११९	११	लंगर. भार	हवामें लंगरको तैरनेवाली वस्तुका भार	अभ्य
१२३	४	म	व	गोल
१३५	२२	तापमापाक	तापमापक	बेल
१४२	५	११	१२	प्र०
१४५	६	पदार्थके	पदार्थकी	प्र
१८९	२०	गन्धक	गन्धक	
१९०	१२	कुप्पी	कुप्पी	
२०६	२६	वायशून्य	वायुशून्य	

विषय सूची

विषय — पृष्ठ

प्र० ६—वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल (ख़ानेदार काग़ज़ द्वारा)

ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयां

अभ्यासार्थ प्रश्न ४

आयत क्षेत्रका क्षेत्रफल

प्र० ७—,, ,, (ख़ानेदार काग़ज़ द्वारा)

अभ्यासार्थ प्रश्न ५

त्रिभुजका क्षेत्रफल

प्र० ८—,, ,, (ख़ानेदार काग़ज़ द्वारा)

अभ्यासार्थ प्रश्न ६

वक्रक्षेत्रका क्षेत्रफल

प्र० ९—क्षेत्रफलकी ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध

प्र० १०—वृत्तका क्षेत्रफल निकालना

अभ्यासार्थ प्रश्न ७

तोलकर क्षेत्रफल निकालना

प्र० ११—तोलकर वृत्तका क्षेत्रफल निकालना

अभ्यासार्थ प्रयोग

३—ठोसका आयतन

घनफलके मेट्रिक और ब्रिटिश मान

आयताकार ठोसका घनफल

ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध

अभ्यासार्थ प्रश्न ८

४—द्रव पदार्थोंका आयतन

नपना घट, ब्यूरट

ब्यूरटसे नापनेकी रीति

नलिका या पिपेट प्रयोग करनेकी रीति

नपनी कुप्पी

११–भिन्न भिन्न तापमापकोंकी तुलना

विषय

शतांश और फ़ारनहैट तापमापक ... ...
अभ्यासार्थ प्रश्न १८ ... ...
फ़ारनहैट और शतांश तापक्रमोंका ग्राफ़ ... ...
गणना करके ग्राफ़ खींचना .. ..
प्र० ४८—उपर्युक्त तापक्रमोंका ग्राफ़ ... ...
अभ्यासार्थ प्रयोग ... ...
पैराफ़ीन मोमका द्रवणांक निकालना ... ...
मक़थलीनका द्रवणांक निकालना ... ...
गंधकका द्रवणांक निकालना ... ...
द्रवणांक निकालनेकी दूसरी विधि ... ...

१२—तापका फैलना

तापपरिचालन, तापपरिवाहन, तापविकिरण ... ...
तापपरिचालन ... ...
प्र० ५०—तावा, पीतल और लोहेके परिचालकत्वकी तुलना
प्र० ५१—दो धातुके छड़ोंके परिचालकत्वकी तुलना ...
पीतल और लकड़ीके परिचालकत्वकी तुलना ... ...
प्र० ५२—द्रवोंका परिचालकत्व ... ...
तापपरिवाहन (द्रवके द्वारा) .. ..
हवामें तापपरिवाहन ... ...
मकानको हवादार बनाना ... ...
तापविकिरण ... ...

१३–रसायनविद्या

भिन्नता और समानतासे लाभ ... ...
पदार्थोंके साधारण गुण ... ...

विज्ञान प्रवेशिका

भाग दूसरा

१ लम्बाई

वैज्ञानिक प्रयोगोंमें नापने जोखनेका काम बहुत पड़ता है इस लिए पहिले कुछ रीतियां ऐसी बतलानी चाहिएं जिनसे यह प्रारम्भिक काम ठीक ठीक किये जा सकें। सबसे पहिला काम दूरी नापनेका है, जिसके लिए गज़, गिरह, हाथ, बालिश्त, कोस इत्यादिसे काम लेते हैं। इस तरहकी नापोंको इकाई (unit) कहते हैं। दूरी या लम्बाई नापनेके काममें लाये जानेके कारण इनको लम्बाईकी इकाई (units of length) कहते हैं। इनका प्रयोग हिन्दुस्तानमें ही होता है। इसलिए यह "लम्बाईकी हिन्दुस्तानी इकाइयां" (Indian units of length) भी कहलाती हैं। आजकल गज़, फुट, इंच, जरीब, मील नामकी इकाइयां भी लम्बाई नापनेके काममें आती हैं। इनको "लम्बाईकी अंग्रेज़ी इकाइयां" (British units of length) कहते हैं, क्योंकि ऐसी इकाइयां सारे ब्रिटिश राज्यमें जारी हैं। इसमें माप-प्रमाण (Standard unit of measurement) वह दूरी मानी गयी है जो एक प्लेटिनमके छड़के दो चिन्होंके बीचमें है। इसी दूरीको गज़ (yard) कहते हैं। यह छड़ इस राज्यकी राजधानी लंडनमें (Standards Office) प्रमाण-गृहमें एक सन्दूकमें रखा हुआ है जिस-

का ताप सदैव एकसा रखा जाता है। इसका भेद आगे चलकर खुल जायगा।

गज़ तीन समान भागोंमें बांटा गया है, प्रत्येक भागको (foot) फ़ुट कहते हैं। फ़ुट बारह समान भागोंमें बांटा गया है, प्रत्येक भागको इंच कहते हैं। इन इकाइयोंका सम्बन्ध यों लिखा जाता है—

१ गज़ = ३ फ़ुट; १ फ़ुट = १२ इंच; १७६० गज़ = १ मील

मेट्रिक मान (Metric system)—ऊपर लिखी हुई ब्रिटिश इकाइयां वैज्ञानिक प्रयोगों और पुस्तकोंमें बहुत कम प्रचलित हैं। इनमें दूरी नापनेकी इकाइयां मीटर, सेंटीमीटर, मिलीमीटर इत्यादि अधिक काममें लायी जाती हैं। इनका मानप्रमाण वह दूरी मानी गयी है जो प्लेटिनमके एक छड़के दो चिन्होंके बीचमें है। यह फ्रांसकी राजधानी पेरिसमें उसी सावधानीसे रखा रहता है जैसा गज़वाले माप-प्रमाणके विषयमें लिखा जा चुका है। इन दो चिन्होंके बीचकी दूरीको **मीटर** कहते हैं। इसीलिए इन इकाइयोंको मेट्रिक इकाइयां (Metric units) कहते हैं। इनका चलन फ्रांस देशमें सर्वत्र होनेसे यह फ्रेंच इकाइयां (French units) भी कहलाती हैं। छोटी बड़ी इकाइयोंका संबन्ध एक दूसरेसे यह है—

१ मीटर (one metre or 1 m.) = १० डेसीमीटर

१ डेसीमीटर (one decimetre or 1 dm.) = १० सेंटीमीटर

१ सेंटीमीटर (one centimetre or 1 cm.) = १० मिलीमीटर (millimetre or mm.)

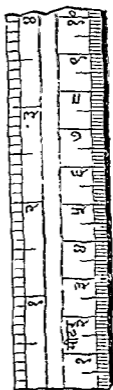
१००० मीटर = १ किलोमीटर (one kilometre)

डेसी, सेंटी और मिलीका अर्थ क्रमानुसार दसवाँ, सौवाँ और हज़ारवाँ भाग अथवा दशांश, शतांश, और सहस्रांश हैं। इन पदोंका अर्थ समझ लेनेपर इकाइयोंका सम्बन्ध याद रखनेमें कोई कठिनाई नहीं होगी।

इस चित्रसे ब्रिटिश और मेट्रिक इकाइयोंका सम्बन्ध भली भाँति समझमें आ जाता है।

चित्र १

"इकाई" किसे कहते हैं?

किसी वस्तुका परिमाण जाननेकेलिए उसी वस्तुके थोड़ेसे अंशको लेकर यह देखते हैं कि ऐसे कितने मिलकर उस कुल परिमाणके बराबर होते हैं। इसी छोटे अंशको इकाई कहते हैं, क्योंकि इसको एक मानकर यह देखा जाता है कि कुल कितना है। इसलिए किसी वस्तुका परिमाण बतलानेकेलिए एक छोटे मान अर्थात् इकाई और उस संख्याकी आवश्यकता पड़ती है जिससे प्रकट होता है कि इकाई कितनी बार उस परिमाणमें शामिल है। मानकी इकाई (unit of measurement) जितनी छोटी होगी परिमाण सूचित करनेवाली संख्या उतनी ही बड़ी होगी। मान लो किसी घड़ेमें ५० गिलास पानी भरा हुआ है जहाँ नापनेकी इकाई गिलास

है। यदि गिलाससे कोई बड़ी इकाई, जैसे लोटा इत्यादि, ली जाय तो परिमाण बतलानेवाली संख्या ५० नहीं होगी वरन् ५० से कम होगी। यह याद रखना चाहिए कि संख्या और इकाई दोनोंके लिखनेसे परिमाण जाना जा सकता है।

वैज्ञानिक संसारमें मेट्रिक-मानका प्रयोग क्यों अधिक होता है?

यह कहा जा चुका है कि वैज्ञानिक खोजोंमें नापने जोखने का काम अधिक पड़ता है। इसलिए ऐसे कामोंमें गुणा भाग आदिका काम भी अवश्य पड़ता है। अनुभवसे देखा गया है कि बड़े बड़े गुणा भागमें जो समय नष्ट होता है, अधिक उपयोगी कामोंमें लगाया जा सकता है। इसलिए गुणा भागकी रीतियाँ सरल कर देनेकेलिए मेट्रिक मान बनाये गये और प्रयोग किये जाने लगे। हिसाबमें (decimal fraction) दशमलव भिन्न जो तुम लोगोंको पढ़ाया जाता है उसका भी प्रयोग वैज्ञानिक कार्योंमें अधिकतर होता है। यह सरलता थोड़ेसे उदाहरणोंसे सिद्ध हो जायगी:—

उदाहरण १—८८ गज़ २ फुट ५ इंचके इंच बनाओ।

८८ गज़ = ८८ × ३ × १२ इंच = ३१६८ इंच
२ फुट = २ × १२ इंच = २४ इंच
५ इंच = ... = ५ इंच
∴ ८८ गज़ २ फुट ५ इंच = ३१९७ इंच

उदाहरण २—८८ मीटर २ सेंटीमीटर ५ मि० मी० के मिलीमीटर बनाओ।

८८ मीटर = ८८ × १०० × १० मि० मी० = ८८००० मि० मी०
२ सें० मीटर = २ × १० मि० मी० = २० "
५ मि० मी० = ... = ५ "
∴ ८८ मीटर २ सें० मी० ५ मि० मी० = ८८०२५ मि० मी०

जितनी जल्दी दूसरे उदाहरणका उत्तर निकालनेमें हो सकती है उतनी पहिलेका उत्तर निकालनेमें कदापि नहीं हो सकती। इसके अतिरिक्त दूसरा उदाहरण मानसिक गुणन (mental multiplication) से भी किया जा सकता है, परन्तु पहलेके साथ ऐसा करना कठिन है। मेट्रिक मानमें बड़ीसे छोटी अथवा छोटीसे बड़ी इकाइयोंमें बदलनेकेलिए १०, १००, १००० इत्यादिसे गुणा करना, या भाग देना होता है जो बड़ा सुगम है, और इनसे काम वैसा ही निकलता है जैसा ब्रिटिश मानोंसे। इसलिए सुविधाकेलिए और समय बचानेकेलिए मेट्रिक मान विज्ञानमें अधिक काममें लाया जाता है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—१

१२—१ मीटर २ डेसीमीटर ७ सेंटीमीटरको मिलीमीटरोंमें लिखो।

१३—३ सें० मी० ४ मि० मी०, एक मीटरका कौनसा दशमलव भिन्न है?

१४—१४·३ सें० मी० का मीटर बनाओ।

१५—७·८ मीटर लम्बे रेशमी कपड़ेके थानका दाम १५) है तो कपड़े का भाव प्रति डेसीमीटर क्या है?

१६—५ मि० मी० को ३ सें० मी० मेंसे घटाओ और अंतर मीटरमें लिखो।

१७—दो स्थान एक दूसरेसे ५५·५३ किलोमीटरकी दूरीपर हैं। यह दूरी मीटरोंमें कितनी होगी?

१८—५ किलोमीटर लम्बे तारमेंसे २५ सें० मी० लम्बी कितनी सुएं बनायी जा सकती हैं?

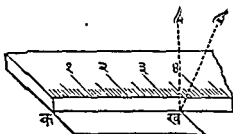
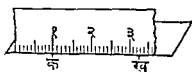
१९—९·९ मीटर लकड़ीके कुन्देमेंसे १.५ मीटर लम्बे ४ टुकड़े काट डाले गये; बचे हुए कुन्देको ३ समान भागोंमें बांटनेपर प्रत्येक भाग कितने सेंटीमीटर लम्बा निकलेगा?

२०—ऊपरके उन्नीसवें प्रश्नवाली लकड़ीके यदि १० समान भाग किये जायं और प्रत्येक बारके चीरनेमें २५ मिलीमीटर लकड़ी बुरादेके रूप में व्यर्थ निकल जाय तो प्रत्येक भाग कितना लम्बा होगा?

दूरी नापनेकी रीतियां

किसी वस्तुकी लम्बाई अर्थात् एक किनारेसे दूसरे किनारेकी दूरी नापनेके लिए लड़के बहुधा मीटर-रूलको इस प्रकार रखा करते हैं जैसा चित्र २ से प्रकट होता है। ऐसा करनेमें वह स्वयम् इस कठिनाईमें पड़ जाते हैं कि मीटर-रूलका कौनसा चिन्ह पढ़ना चाहिए, क्योंकि किनारे पर कभी एक चिन्ह देख पड़ता है और कभी उसके बगलवाला। इसका कारण यह है कि बिन्दु (लम्बाईका सिरा) और रूल-के चिन्होंके बीच कुछ दूरी रूलके मोटे होनेके कारण अवश्य रहती है, जिससे शुद्ध पढ़नेमें कठिनाई पड़ती है।

ऐसी अशुद्धताको लम्बनकी भूल या अशुद्धता (error of parallax) कहते हैं। परन्तु यदि रूल चित्र २ की भांति रखा जाय जिससे रूलके चिह्न और बिन्दु (रेखाके सिरे) बिल्कुल मिले रहें तो चाहे आंख ठीक ऊपर रहे चाहे इधर उधर, बिन्दु ठीक उसी चिह्नसे मिला हुआ दिखाई पड़ेगा जिसपर वह यथार्थ में है. इसलिए अशुद्धता किसी प्रकार नहीं हो सकती, और न यही सोचना पड़ता है कि कौनसा चिह्न पढ़ें। लम्बाई नापनेमें इस बातका ध्यान सदैव रखना चाहिए।

दूसरी बात स्मरण रखने योग्य यह है कि रूलका आरम्भवाला चिह्न (शून्य चिह्न zero point) कभी न प्रयोग करना चाहिए क्योंकि रूलके सिरे काम करते करते घिस जाते हैं और ठीक ठीक लम्बाई नहीं सूचित करते; इसलिए रेखाके सिरेपर कोई और चिह्न रखना चाहिए। (चित्र ३)।

चित्र २

चित्र ३

कभी कभी दूसरे सिरेवाला बिन्दु रूलके किसी ठीक चिह्नपर न पड़कर दो चिह्नोंके बीचमें पड़ता है, जैसे चित्र ३

पर रखते हैं और जहां दूसरा सिरा पहुंचता है वहां नोकीली पेन्सिलसे एक चिह्न बना देते हैं। इस चिह्नपर मीटर-रूल-के पहले सिरेको रख देनेसे दूसरा सिरा जहाँ पहुंचता है वहां फिर एक चिह्न बना देते हैं। इस तरह दूरीका दूसरा सिरा मीटर-रूलके किसी चिह्नपर पहुंच जाता है। जितनी बार चिह्न बनाना पड़ता है उतने ही पूरे मीटर और जिस चिह्नपर दूसरा बिन्दु पड़ता है उतने सें० मीटर और मिली-मीटर उन दोनों बिन्दुओंकी दूरी हुई। ऐसा करनेमें जो अशुद्धि मीटर-रूलके घिसनेके कारण हो सकती है वह अवश्य होती है, किन्तु बड़ी दूरीके नापनेमें इस ज़रासी अशुद्धिका बहुत कम विचार किया जाता है।

सम्भव है कि एक बारके नापनेमें कोई भूल हो गयी हो, इसलिए दूसरी बार और तीसरी बार भी इसी प्रकार नाप लेना चाहिए। यदि किसी बारका उत्तर बहुत अधिक या बहुत कम हो तो उसे छोड़ देना चाहिए और एक बार फिर नापकर संदेह मिटा लेना चाहिए। कमसे कम तीन बारकी नापको जोड़कर योगफलको तीनसे भाग देना चाहिए और भजनफलको उचित उत्तर समझना चाहिए। इस विधिको (average) औसत निकालना कहते हैं। औसत निकालनेका कारण यह है—प्रत्येक बारके नापनेमें लम्बाई एक ही नहीं आती, वरन् किसी बार दो एक मिली मीटर अधिक और किसी बार कम। ऐसी दशामें किसी एकको शुद्ध मान लेना अनुचित है, परन्तु यदि कुल नापोंकी औसत निकाल ली जाय, तो औसत नापको उचित उत्तर समझ लेनेमें कोई विशेष हानि नहीं होती। नापोंको इस प्रकार दर्ज करना चाहिए—मान लो, एक दूरीके नापनेमें यह संख्याएँ मिलीं—

पहली नाप.........२३३·४ सें० मी०
दूसरी नाप.........२३३·५ ,,
तीसरी नाप.........२३३·६ ,,
औसत नाप.........२३३·५ सें० मीटर
∴ दूरी २३३·५ सें० मी० है।

नोट–एक ही प्रकारकी इकाईमें लिखे हुए परिम... निकालनेके लिए उन परिमाणोंको जोड़कर जितने परिमाण हों उस सङ्ख्ये भाग देना चाहिए। भजनफल औसत परिमाण होगा।

नोट–औसत निकालनेमें भजनफलको उस दशमलव स्थानसे अधि... न ले जाना चाहिए जिस स्थानतक शुद्धतापूर्वक यथार्थमें नाप सकते हैं। उससे अधिक स्थानतक ले जानेमें कोई शुद्धता नहीं प्रकट हो सकती। मा... लो ५·७४सें०मी०, ५.७८सें०मी०, और ५.७५ सें०मी० की औसत निकाल... है; यथार्थमें इनकी औसत ५·७५६· सें०मी० हुई, परन्तु उत्तरमें यह लिख... भूल है क्योंकि कोई मनुष्य केवल मीटर--रूलके द्वारा दसवें मिली मीटर... भी कम दूरीको नहीं निकाल सकता। फिर औसतमें सौवें मिलीमीटर... दिखलाना असम्भवको सम्भव बतलाना है, जो अनुचित है। इसलिए औसत... लम्बाई ५·७५६ सें० मी० के स्थानमें ५·७६ सें०मी० लिखना चाहिए, क्यों... ५·७५६,५·७६० के पास है और ५·७५० से दूर।

प्रयोग २–ब्रिटिश और मेट्रिक लम्बाईकी इकाइयोंका सम्ब... निकालना।

(अ) मीटर-रूलमें एक ओर ब्रिटिश इकाइयों (इंच और दशांश इंचों) के चिह्न बने रहते हैं और दूसरी ओर मेट्रिक इकाइयों, सेंटी मीटर और मिली मीटरके चिह्न। देखो ब्रिटि... और मेट्रिक इकाइयोंके कौनसे चिन्ह एक ही सीधमें पड़ते हैं। इससे यह मालूम हो जायगा कि कितने इंच और दशांश इंच मिलकर कितने सेंटी-मीटर और मिली-मीटरके बराबर होते हैं। इसके बाद (unitary method) ऐकिक नियमसे १

उदाहरण १—२ फुट ३ इंचको मीटरमें प्रकट करो।

२ फुट ३ इंच $=$ २ $\times$ १२ $+$ ३ इंच

$=$ २७ इंच

१ इंच $=$ २·५४ सें० मीटर

∴ २७ इंच $=$ २७ $\times$ २·५४ सें० मी०

$=$ ६८·५८ सें० मी०

$=$ ६·८५८ डे० मी०

$=$ ·६८५८ मीटर

उदाहरण २—१ गज ३·५४ इंचके सें० मीटर बनाओ

१ गज ३·५४ इंच $=$ १ $\times$ ३ $\times$ १२ $+$ ३·५४ इंच

$=$ ३९·५४ इंच

१ इंच $=$ २·५४ सें० मी०

∴ ३९·५४ इंच $=$ ३९·५४ $\times$ २·५४ सें० मी०

$=$ १००·४३१६ सें० मीटर

$=$ १००·४३ सें०मीटर

उदाहरण ३—४·५ डे० मी० कितने इंचके बराबर होते हैं?

४·५ डेसीमीटर $=$ ४५ सें० मी०

२·५४ सें० मीटर $=$ १ इंच

∴ ४५ सें० मीटर $= \frac{४५}{२·५४}$ इंच

$=$ १७·७१६ इंच

$=$ १७·७२ इंच (दशमलवके दूसरे स्थानतक शुद्ध)

दूसरे उदाहरणमें १००·४३१६ के स्थानमें १००·४३ ले लिया था और ·००१६ को छोड़ दिया था, परन्तु तीसरे दशमलवके तीसरे स्थानवाले ६ को छोड़ तो दिया किन्तु दूसरे स्थान वाले १ को बढ़ाकर २ कर दिया, यह क्यों?

इस प्रश्नका सम्बन्ध अंकगणित (arithmetic) से है। इस लिए यह संदेह अंकगणितकी किसी अच्छी पुस्तकसे

पढ़नेसे दूर हो जायगा। यहां थोड़ेमें बतला दिया जाता है। दूसरे उदाहरणमें ·४३१६ की जगह ·४३०० अथवा ·४३, दो दशमलव स्थानतक शुद्धता जाननेके लिए ठीक माना गया क्योंकि ·४३१६,·४३०० के पास है और ·४४०० से बहुत दूर। परन्तु तीसरे उदाहरणमें १७·७१६ की जगह १७·७२ अथवा १७·७२० लिया गया क्योंकि यहां १७·७२०, १७.७१६ के पास है और १७·७१० बहुत दूर। यदि १७·७१६ की जगह १७·७१५ होता तो इसके लिए १७·७१० और १७.७२० दोनों समान अन्तरपर ऊपर नीचे होते और दोनोंमें किसी एकका लेना नियमके अनुकूल होता, परन्तु तो भी १७·७२ ही अधिक अच्छा समझा जाता है क्योंकि दशमलवके तीसरे या चौथे स्थानतक यदि नापना सम्भव हो तो १७·७२ ही निकटतर होगा। इसलिए यह नियम बना लिया गया है, "जिस दशमलव स्थानतक उत्तर निकालना हो उसके एक स्थान आगेका अंक यदि ५ या ५ से अधिक हो तो उत्तरके अंत-वाले स्थानके अङ्कमें १ बढ़ा देना चाहिए अन्यथा नहीं"।

अभ्यासार्थ प्रश्न-२

१—४·१ इंचको मिलीमीटरोंमें लिखो।

२—३·७ डेसीमीटरमें कितने फुट होते हैं? उत्तर तीन दशमलवके स्थानतक शुद्ध हो।

३—इलाहाबादसे मिरज़ापुरकी दूरी ४६ मील है। यही दूरी किलो-मीटरोंमें कितनी होगी? उत्तर दो दशमलवके स्थानतक शुद्ध हो।

४—(क) एक मिलीमीटर १ इंचका, (ख) १ डेसीमीटर १ फुटका और (ग) एक सें० मी० १ इंचका कौनसा भिन्न है?

५—एक दीवार २१ फुट लम्बी ११ फुट ऊँची और १$\frac{१}{२}$ फुट मोटी है तो इसकी लम्बाई, ऊंचाई और मोटाई सेंटीमीटरोंमें क्या होंगी?

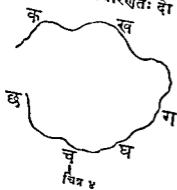
६—एक टुकड़ा काग़ज़ ६·३ इंच लम्बा है। ३·५ सें॰ मी॰ लम्बे कितने टुकड़े काटे जा सकते हैं और कितना काग़ज़ बच रहेगा ? उत्तर मिलीमीटरोंमें लिखना चाहिए।

प्रयोग ३—किसी वक्र रेखा (Curved line) की लम्बाई निकालना।

मान लो क ख ग घ च छ, एक वक्र रेखा है जिसकी लम्बाई नापना है। इस रेखाके 'क ख ग' अंशपर थोड़ी थोड़ी दूरपर विन्दु रखे जांय तो यह स्पष्ट देख पड़ेगा कि किसी दो विन्दुओंके बीचकी रेखा सीधी है, यद्यपि वास्तवमें यह सीधी नहीं है तथापि किसी दो विन्दुओंके बीचकी सीधी रेखाकी लम्बाई और उन्हींके बीचवाले वक्र रेखाके अंशकी लम्बाईमें इतना कम अन्तर है कि इस अन्तर नहींके बराबर समझनेमें कोई हानि नहीं हो सकती। इसी कारण वक्र रेखाकी लम्बाई नापनेके लिए उसके छोटे छोटे अंशोंको सीधी रेखा मानकर नापते हैं और इन छोटे छोटे अंशोंकी लम्बाइयोंको जोड़ देते हैं। योगफल वक्र रेखाकी लम्बाई समझते हैं। छोटे अंशोंकी लम्बाई नापने की रीति साधारणतः दो हैं—

क ख ग घ च छ

चित्र ४

(अ) (dividers) कम्पासकी दोनों नोकोंको १ अथवा ४ मिली-मीटरकी दूरीपर कर लो। एक नोकको वक्र रेखाके एक सिरेपर रखो, दूसरी नोकको रेखापर रखो और इसको उसी विन्दुपर स्थिर करके पहिली नोकको घुमाओ जिसमें यह रेखा

र आ जाय। यही क्रिया उस समयतक करते जाओ
व तक रेखाके दूसरे सिरेपर न पहुँच जाओ। ऐसा करनेसे
तने भाग बन गये हों, उस संख्याको दोनों नोकोंकी
रीसे गुणा करदो यही उस रेखाकी लम्बाई होगी। इस
ीतिमें दोष यह है कि नोकोंसे कागज़में छोटे छोटे छिद्र हो
ाते हैं जिससे कागज़ बिगड़ जाता है।

(आ) एक पतले डोरेको लेकर उसके एक सिरेको कैंची-
े ख़ूब सफ़ाईसे काट लो जिससे कोई रेशा उभरा न रहे।
ोरेके इस सिरेको वक्र रेखाके एक सिरेपर रख दो और
ोड़ी दूरतक डोरेको रेखाके ऊपर, (न बहुत कसा हुआ न
हुत ढीला,) ले जाओ और वहीं दाहिने हाथके अंगूठेके
अथवा जिस अंगुलीसे
ुभीता पड़े उसके)
हसे डोरेको दबा दो।
फेर सावधानीसे बाएँ
हाथकी किसी अंगुलीके
नहसे उसी स्थानपर
दबाकर दाहिने हाथसे
डोरेको आगे बढ़ाओ

चित्र ५

और उपर्युक्त क्रिया करते जाओ। जिस स्थानपर डोरा रेखाके
दूसरे सिरेतक पहुँच जाय वहां एक चिह्न बनादो और सिरेसे
इस चिह्नतकका डोरेकी लम्बाई मीटररूलसे नाप लो। डोरे-
को नापते समय भी बहुत कसकर खींचना या ढीला रखना
उचित नहीं है। इसी प्रकार उस रेखाको कमसे कम तीन
बार नापो और सब नापोंकी औसत* निकालो।

* नापोंके लिखने और औसत निकालनेके लिए जैसा पहिली बार

डोरा वक्र रेखासे छोटा हो तो दूसरे सिरेको भी कैंची से साफ़ काट लो और यह सिरा वक्ररेखाके जिस बिन्दुपर पहुँचे वहां एक चिह्न बनादो। इस चिह्नसे आरम्भ करके उसी डोरेसे फिर नापो। जब रेखाका दूसरा सिरा पहुंच जाय डोरेपर चिह्न बनादो। एक बार पूरे डोरेको नापलो, फिर उस चिह्नतक नापो। इन दोनों नापोंका योगफल वक्र रेखाकी लम्बाई होगी।

प्रयोग ४—किसी (circle) वृत्तकी परिधि (circumference) की लम्बाई नापना और इस लम्बाईको उसी वृत्तके (diameter) व्यास की लम्बाईसे भाग देकर यह देखना कि परिधि व्याससे कितने गुना बड़ी होती है।

परिधि एक ऐसी गोल रेखा है जिसके कोई सिरे नहीं होते। इसलिए जहाँसे नापना आरम्भ करो वहां एक चिह्न बना दो और ऊपर बतायी हुई विधिसे नापते जाओ। जब इसी चिह्नपर फिर पहुँचो, डोरेमें चिह्न लगा दो और इसकी लम्बाई नापलो। व्यासको नापनेकेलिए मीटर-रूलको ऐसा रखो कि वह (centre) केन्द्रसे होता हुआ परिधिपर पड़े। मीटर-रूलके जो चिह्न परिधिपर हों उनके बीचकी दूरी निकाल लो। इसी प्रकार ४,५ असमान वृत्त खींचकर प्रत्येक की परिधि और व्यास नापो और परिधिकी लम्बाईको उसी के व्यासकी लम्बाईसे भाग दो। उत्तरोंको इस प्रकार लिखो:—

बतलाया जा चुका है, वैसा ही सदैव करना चाहिए। बार बार उसी रीतिको बतलाना आवश्यक नहीं है।

वृत्त	परिधिकी लम्बाई	व्यासकी लम्बाई	परिधि / व्यास
(१)	......सें० मी०	......सें० मी०	....
(२)	.... ”	.... ”	....
(३)	.... ”	.... ”	....
(४)	.... ”	.... ”	....
		औसत	

कहीं भूल और असावधानी न हुई होगी तो चौथे खाने-का प्रत्येक उत्तर ३·१४ होगा। अर्थात् किसी वृत्तकी परिधि उसीके व्यासका ३.१४ गुना होती है। इस सम्बन्धको "π" चिह्नसे प्रकट करते हैं और इसको 'पाई' कहते हैं।

बीजगणितके संकेतोंमें यदि किसी वृत्तकी परिधिको 'प' मानें और उसके व्यासको 'व' तो परिधि और व्यास के सम्बन्धको इस प्रकार प्रकट कर सकते हैं—

$$प = ३·१४ व, \text{ अथवा } प = π व$$
$$= π × २ त्र$$
$$= २π त्र$$

(यहां त्र त्रिज्या या अर्धव्यासको सूचित करता है।)

जब किसी सम्बन्धको संकेतों द्वारा सूचित किया जाता है तब उस संकेतको उस सम्बन्धका (formula) गुर कहते हैं। इसलिए प = π व एक गुर है जो किसी वृत्तकी परिधि और उसके व्यासका सम्बन्ध सूचित करता है।

उदाहरण १—एक वृत्तकी परिधि ११·१४ सें० मी० है तो उसका व्यास कितना लम्बा है?

$$प = ३\cdot१४ \times व$$

$$\therefore\ १२\cdot१५ \text{ सें० मी०} = ३\cdot१४ \times व$$

$$\text{और } व = \frac{१२\cdot१५}{३\cdot१४} \text{ सें० मी०}$$

$$= ३\cdot८६६ \text{ सें० मी०}$$

$$= ३\cdot८७ \text{ सें० मी०}$$

उदाहरण २—एक गोल मैदानका अर्ध व्यास ४५ फुट है। इसके घेरे की लम्बाई बतलाओ।

घेरेकी लम्बाई उस गोल मैदानकी परिधि हुई।

$$प = २ \pi त्र$$

$$= २ \pi \times ४५ \text{ फु०}$$

$$= २ \times ३\cdot१४ \times ४५ \text{ फु०}$$

$$= २८२\cdot६० \text{ फुट}$$

इसलिए उस मैदानका घेरा २८२·६० फुट है।

२८२·६ फुटका वही अर्थ समझा जाता है जो २८२·६० फुटका, फिर २८२·६ फुट न लिखकर २८२·६० क्यों लिखा गया?

दोनोंका अर्थ एक ही है तथापि इनसे भिन्न उद्देश प्रकट होते हैं। २८२·६० लिखनेसे पढ़नेवाले यह समझेंगे कि नापनेवालेने फुटके दो दशमलव स्थान तक शुद्धता की है और २८२·६ लिखनेसे यह प्रकट होगा कि शुद्धता का ध्यान फुटके केवल एक दशमलव स्थानतक रखा गया है।

उदाहरण ३—यदि एक लड़का दूसरे उदाहरण वाले मैदानके चारों ओर १० मिनट प्रति मीलके हिसाबसे दौड़े तो दो चक्कर लगानेमें कितना समय लगेगा?

उस मैदानका घेरा २८२·६ फुट है, इसलिए दो चक्कर लगानेमें लड़के को २८२·६ × २ फुट दौड़ना पड़ेगा। परन्तु १७६० × ३ फुट दौड़नेमें १० मिनट लगते हैं

$$\therefore\ २८२\cdot६ \times २ \text{ फुट दौड़नेमें } \frac{२८२\cdot६ \times २ \times १०}{१७६० \times ३} \text{मिनट}$$

अर्थात १ मि० ४·२ सेकंड लगेंगे।

अभ्यासार्थ प्रश्न—३

१—एक वृत्तकी परिधि १४·७ इंच है तो उसके अर्द्धव्यासकी लम्बाई बतलाओ।

२—एक वृत्तका व्यास ६·७४ सें० मी० है तो उसकी परिधि कितनी लम्बी होगी?

३—एक वृत्तकी अर्द्ध परिधि ६·७ इंच है, इसके अर्द्धव्यासकी लम्बाई बतलाओ।

४—एक गोल मैदानका घेरा ८२४ गज़ है। बीचों बीच एक डोरी तान कर उस मैदानको दो समान भागोंमें बांटना है। डोरीकी लम्बाई कमसे कम कितनी होनी चाहिए?

५—चौथे प्रश्न वाले मैदानके बीचों बीच होकर एक मनुष्यको दूसरे किनारेपर जानेमें जितना समय लगता है उससे तीन मिनट अधिक मैदानके बगलसे घूमकर जाने में लगता है, तो उस मनुष्यकी चाल प्रति घंटा क्या है?

६—एक कुएँके जगतकी बाहरी और भीतरी परिधि क्रमसे १४·७ गज़ और ६·२८ गज़ है। तो जगत कितना चौड़ा है?

७—एक पैसेका व्यास २५ मि० मी० है। एक मीटर लम्बी पंक्ति (क़तार) में कितने पैसे रखे जा सकते हैं?

८—एक बैसिकिलके पहियेका व्यास २४ इंच है। एक मील जानेमें पहियेके कितने पूरे चक्कर हो जायँगे और एक चक्करका कौनसा भिन्न यह और घूम जायगा?

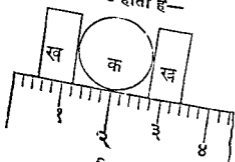
९—एक गोल हौज़का व्यास जाननेके लिए क्या क्या करोगे? इसका वर्णन भली भांति करो।

१०—एक घड़ीकी बड़ी सुईकी नोक केन्द्रसे १·७ सें० मी० की दूरी-पर है, दिन रातमें यह नोक कितनी दूरी तै करती होगी?

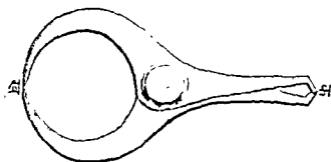
११—एक पत्थरके बेलन का अर्धव्यास २ फुट है, एक चक्कर करनेमें कितनी लम्बी भूमि समतल हो जायगी?

१२—एक घोड़ा एक खूंटेसे बांधा गया है; जब रस्सीसे खूब तानकर चरता है तब खूंटेसे १७ गजकी दूरीतककी घास चर पाता है। बतलाओ वह घोड़ा कितनी गोल भूमिकी घास चर सकता है।

गोल वस्तुओंके नापनेकी रीतियां

अभीतक केवल रेखाओंके नापनेकी रीतियाँ बतलायी गयी हैं। परन्तु इन्हींमें नापनेका काम खतम नहीं हो जाता। बहुतसे ऐसे ठोस पदार्थ हैं जिनके नापनेका काम बहुधा पड़ा करता है जैसे किसी बेलनकी (cylinder) मोटाई या किसी नलके छेदकी चौड़ाई या किसी गोलेकी ऊंचाई इत्यादि। बेलन और गोलेका व्यास मीटर-रूल और दो लकड़ीके सीधे टुकड़ोंसे बड़ी आसानीके साथ नापा जा सकता है जैसा चित्र ६ से प्रकट होता है—

चित्र ६

इस चित्रमें मीटर-रूलके बगलमें 'क' बेलन समतल मेज़पर ऐसा रखा गया है कि वह मीटर-रूलको स्पर्श किये हुए है, इसके स्पर्श करते हुए दो लकड़ीके सीधे टुकड़े 'ख' ऐसे रखे हुए हैं कि उनके सिरे रूलके चिन्होंपर पहुंचते हैं। बेलनको स्पर्श करनेवाले जो किनारे मीटर-रूलके चिन्होंपर पहुंचते हैं उन चिन्होंके बीचकी दूरी बेलनका व्यास है। यदि बेलनके स्थानमें गोला रखा जाय तो इसी भांति इसका व्यास भी नापा जा सकता है। परन्तु नलके छेदकी मोटाई ऊपरवाली विधिसे नहीं नापी

जा सकती। इसकेलिए एक विशेष यन्त्र काममें लाया जाता है जिसका चित्र यह है—

पहली नाप	...	...	...	...	सें० मी०
दूसरी नाप	...	...	...	...	"
तीसरी नाप	...	...	...	...	"
चौथी नाप	...	...	...	...	"
औसत					सें० मी०

कमसे कम ३ वार नापो।

भीतरी व्यास नापनेके लिए कैलीपरको इस प्रकार घुमाओ कि दस्ते और मुंह दोनोंकी नोकें एक दूसरेपर होती हुई इधर उधर फैल जायँ। ऐसा करनेसे मुंहवाला अंश चित्र ८ की भांति दीख पड़ेगा। इसी प्रकार दस्तेवाला अंश भी हो जायगा। छोटा छेद हो तो दस्तेको और बड़ा हो तो मुंहको छेदमें डालकर

चित्र ८

जो सावधानी बाहरी व्यासके नापनेमें की जाती है वही इसमें भी करके, भीतरी व्यास ३,४ बार नापो और औसत निकालो।

प्रयोग ५—बेलनकी परिधि नापना।

(१) कैलीपरसे बेलनका व्यास नापकर उसको ३·१४ से गुणा कर दो, गुणनफल परिधिकी लम्बाई होगी।

(२) बेलनके चारों ओर एक काग़ज़का टुकड़ा ऐसा लपेटो कि यह बेलनमें खूब लगा रहे, कहीं न तो सिकुड़े और न ढीला रहे। जहाँ काग़ज़की दो तह हो जायं वहाँ एक सुई

थवा आलपीन चुभो दो। चुभोनेसे काग़ज़पर दो जगह द हो जायंगे। इन छेदोंकी दूरी नाप लो यही परिधिकी म्बाई होगी।

(३) बेलनपर एक सीधी रेखा हलकी पेन्सिलसे खींच लो। ह रेखा बेलनके आधारसे समकोण बनायगी। एक डोरेके सिरेको खूब साफ़ काटकर इसी रेखापर रखो और १२,१५ ार लपेट जाओ। एक लपेटका डोरा दूसरे लपेटके डोरे- र न होने पावे परन्तु सब एक दूसरेसे सटे रहें। जब उसी रेखापर डोरा पहुंच जाय तब उसपर या तो कोई चिह्न बना दो या उसी स्थानपर डोरेको काट दो। मीटर रूलसे लम्बाई नाप लो और जितनी बार लपेटा हो उससे भाग दे दो। भजनफल बेलनकी परिधिकी लम्बाई होगी।

इन तीनों रीतियोंसे परिधिकी लम्बाई नापो और देखो क्या अन्तर होता है।

अभ्यासार्थ प्रयोग

१—पैसेका व्यास सेंटीमीटरोंमें नापो।

२—उसी पैसेकी परिधि ऊपरवाली दूसरी विधिसे नापो और π का मान निकालो।

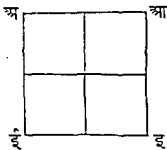
३—कांच-नलीके कांचकी मोटाई कैसे नापोगे?

२—क्षेत्रफल

जो तल (surface) सीधी या टेढ़ी रेखा या रेखाओंसे घिर जाता है (figure) क्षेत्र कहलाता है। उसके भीतरके तलके फैलावको क्षेत्र का (area) क्षेत्रफल कहते हैं। क्षेत्रफलकी नाप केवल लम्बाई अथवा केवल चौड़ाई जानकर नहीं मालूम हो सकती जैसे मेज़के तलका परिमाण यह कह देनेसे कदापि न प्रकट होगा कि मेज़ इतनी लम्बी या इतनी चौड़ी है। हाँ यदि यह कहा जाय कि मेज़की लम्बाई इतनी है और चौड़ाई इतनी है, तो मेज़के तलका फैलाव झट समझमें आ जाता है। परन्तु क्षेत्रकी रेखा वक्र हो तो लम्बाईकी इकाइयोंसे कुछ अर्थ नहीं निकलता। इसलिए क्षेत्रफलके लिए कोई और इकाई माननेकी आवश्यकता पड़ी।

जब क्षेत्रकी लम्बाई चौड़ाई बराबर होती है और सब कोण (angle) समकोण (right-angle) होते हैं तब वह क्षेत्र वर्गक्षेत्र (square) कहलाता है। यदि वर्गक्षेत्रका भुज (side) लम्बाईकी एक इकाई, १ इंच, १ सें० मी०, १ गज़, १ मीटर इत्यादिके बराबर हो तो उसके भीतरके क्षेत्रफलको (unit of area) क्षेत्रफलकी इकाई कहते हैं। वर्गक्षेत्रका भुज एक इंच हो तो उसका क्षेत्रफल (1 square inch) १ वर्ग इंच, १ मीटर हो तो क्षेत्रफल (1 square metre) १ वर्गमीटर कहलाता है, इत्यादि।

क्षेत्रफलकी ब्रिटिश इकाइयां वर्ग गज़, वर्ग फुट, वर्ग इंच ... हैं और मेट्रिक इकाइयां वर्ग मीटर, वर्ग डेसीमीटर, वर्ग सेंटीमीटर इत्यादि।

दो इंच भुजवाला एक वर्गक्षेत्र खींचकर देखो इसका क्षेत्रफल कितना होगा ?

चित्र ६

मान लो अ आ इ ई (चि० ६) एक वर्गक्षेत्र है जिसका प्रत्येक भुज २ इंच लम्बा है। प्रत्येक भुजके मध्यबिन्दुको सामनेवाले भुजके मध्यबिन्दुसे मिला दो। ऐसा करनेसे चार वर्गक्षेत्र बन जाते हैं और प्रत्येकका भुज एक इंच लम्बा होता है। इसलिए दो इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल ४ वर्ग इंच होता है।

यदि वर्गक्षेत्रका भुज ३ इंच लम्बा हो तो उसका क्षेत्रफल क्या होगा ?

एक भुजको तीन समान भागोंमें बांटकर एक एक इंचकी दूरीपर ऐसी रेखाएं खींचो जो बगलवाले भुजके (parallel) समानान्तर हों। फिर बगलवाले भुजको ३ समान भागोंमें बांटकर एक एक इंचकी दूरीपर पहिले भुजके समानान्तर रेखाएं खींचो। इस तरह कुल वर्गक्षेत्र ६ छोटे छोटे समान वर्गक्षेत्रोंमें बँट जायगा। यह स्पष्ट है कि एक छोटे वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल १ वर्ग इंच है। इसलिए ३ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल ६ वर्ग इंच हुआ। इसी तरह यह मालूम किया जा सकता है कि

२ इंच भजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल = $२^२$ वर्ग इंच

४ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल = ४² वर्ग इंच

६ " " " " = ६² "

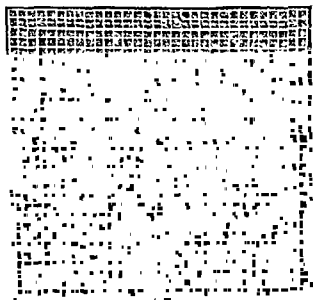
इससे यह सिद्ध होता है कि किसी वर्ग क्षेत्रका क्षेत्रफल निकालनेके लिए उसके भुजकी लम्बाई नापकर इसे उसीसे गुणा कर दो अर्थात् वर्ग कर दो ; वर्ग करनेसे जो अंक आवे क्षेत्रफलकी इकाइयोंको प्रकट करता है।

प्रयोग ७—ऐसे वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल नापना जिसके भुजकी लम्बाई इंचोंमें न हो।

पहिले ऊपर बतलाये हुए नियमके अनुसार लम्बाईका वर्ग निकालकर क्षेत्रफल मालूम कर लो। उत्तर ठीक है या नहीं इस बातकी जांच ख़ानेदार वर्गक्षेत्र खींचकर करो।

मान लो वर्गक्षेत्रका भुज २·७ इंच है। नियमके इसका क्षेत्रफल = २·७ इंच × २·७ इंच = ७·२९ वर्ग इंच। ... के लिए ख़ानेदार काग़ज़ लेकर ग़ौरसे देखो। इसपर ... और खड़ी मोटी लकीरें एक एक इंचके अन्तरपर खिंची हैं, फिर पतली हल्की लकीरें समान अन्तरपर इस ... खिंची हुई हैं कि इंचके दस समान भाग बन जाते। इन पतली लकीरोंसे जो वर्गक्षेत्र बनता है उसका भुज ... इंच है। एक वर्ग इंचमें ऐसे ऐसे सौ वर्गक्षेत्र हैं, इस... १०० छोटे वर्गक्षेत्र मिलकर १ वर्ग इंचके बराबर हुए।

२·७ इंच भुजवाला एक वर्गक्षेत्र ख़ानेदार काग़ज़ ऐसा खींचो (चित्र १०) कि बगलवाले दो भुज मोटी लकीर पड़ें। इस वर्गक्षेत्रके भीतर चार पूरे वर्ग इंच हैं, चार ...

आयतक्षेत्र बन गये हैं जिनमेंसे प्रत्येकके भीतर छोटे सत्तर वर्गक्षेत्र हैं और एक वर्गक्षेत्र कोनेमें बन गया है जिसके

चित्र १०

भीतर ४९ छोटे वर्गक्षेत्र हैं। इस लिए कुल वर्गक्षेत्रका क्षेत्र फल=४ वर्ग इंच + $\frac{४ \times ७०}{१००}$ वर्ग इंच + $\frac{४९}{१००}$ वर्ग इं०

=४+२·८+·४९ वर्ग इंच

=७.२९ वर्ग इंच

इससे यह विदित होता है कि वर्गक्षेत्रका भुज चाहे पूरी इकाइयोंमें हो चाहे भिन्नमें, उसका क्षेत्रफल भुजकी लम्बाईका वर्ग कर देनेसे निकल आवेगा।

४ इंच भुजवाले वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल = $४^२$ वर्ग इंच
६ " " " " = $६^२$ "

इससे यह सिद्ध होता है कि किसी वर्ग क्षेत्रका क्षेत्र निकालनेके लिए उसके भुजकी लम्बाई नापकर इकाईके रूप उसीसे गुणा कर दो अर्थात् वर्ग कर दो ; वर्ग करनेसे जो अंक आता है वर्ग क्षेत्रफलकी इकाइयोंको प्रकट करता है।

प्रयोग ६—ऐसे वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल मापना जिसके भुजकी लम्बाई पूर्ण इंचोंमें न हो।

पहिले ऊपर बतलाये हुए नियमके अनुसार भुजकी लम्बाईका वर्ग निकालकर क्षेत्रफल मालूम कर लो। फिर उत्तर ठीक है या नहीं इस बातकी जांच खानेदार कागज़पर वर्गक्षेत्र खींचकर करो।

मान लो वर्गक्षेत्रका भुज २·७ इंच है। नियमके अनुसार इसका क्षेत्रफल = २·७ इंच × २·७ इंच = ७·२९ वर्ग इंच। जांच के लिए खानेदार कागज़ लेकर गौरसे देखो। इसपर आड़ी और खड़ी मोटी लकीरें एक एक इंचके अन्तरपर खिंची हुई हैं, फिर पतली हलकी लकीरें समान अन्तरपर इस प्रकार खिंची हुई हैं कि इंचके दस समान भाग बन जाते हैं। इन पतली लकीरोंसे जो वर्गक्षेत्र बनता है उसका भुज ·१ इंच है। एक वर्ग इंचमें ऐसे ऐसे सौ वर्गक्षेत्र हैं, इसलिए १०० छोटे वर्गक्षेत्र मिलकर १ वर्ग इंचके बराबर हुए।

२·७ इंच भुजवाला एक वर्गक्षेत्र खानेदार कागज़पर ऐसा खींचो (चित्र १०) कि बगलवाले दो भुज मोटी लकीरोंपर पड़ें। इस वर्गक्षेत्रके भीतर चार पूरे वर्ग इंच हैं, चार देमें

उदाहरण—

(१) ५·३ वर्ग गज़में कितने वर्ग फ़ुट और कितने वर्ग इंच हैं ?

५·३ वर्ग गज़ = ५·३ × ९ वर्ग फ़ुट
= ४७·७ वर्ग फ़ुट
= ४७·७ × १४४ वर्ग इंच
= ६८६८·८ वर्ग इंच

(२) ९१५८·४ वर्ग इंचमें कितने वर्ग गज़ हैं ?

९१५८·४ वर्ग इंच $= \frac{९१५८·४}{१४४}$ वर्ग फ़ुट
= ६३·६ वर्ग फ़ुट
$= \frac{६३·६}{९}$ वर्ग गज़
= ७·०६ वर्ग गज

(३) ५·६ वर्गमीटरके वर्ग मिलीमीटर बनाओ।

५·६ वर्ग मी० = ५·६ × १०० वर्ग डेसीमीटर
= ५·६ × १०० × १०० वर्ग सें० मी०
= ५·६ × १०० × १०० × १०० वर्ग मि० मी०
= ५६००००० वर्ग मिलीमीटर

(४) ८५ वर्ग मिलीमीटरको वर्ग डेसीमीटरमें लिखो

८५ वर्ग मिलीमीटर $= \frac{८५}{१००}$ वर्ग सें० मी०
$= \frac{८५}{१०० \times १००}$ वर्ग डे० मी०
$= \frac{८५}{१००००}$ "
= ·००८५ "

बीजगणितकी भाषामें

यदि अ वर्गक्षेत्रके भुजकी लम्बाईकी इकाइयोंका अंक
और क्ष " क्षेत्र फल की " " "

तो क्ष = अ²

ऊपरवाली रीतिसे वर्गक्षेत्र खींचकर यह जांच
सकती है कि—

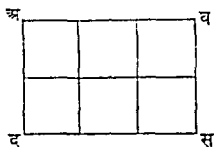
१ वर्ग गज़ = १ गज़ × १ गज़ = ३ फ़ुट × ३ फ़ुट = ६ वर्ग
१ वर्गफुट = १ फुट × १ फुट = १२ इंच × १२ इंच = १४४ वर्ग

मेट्रिक मान—एक डेसीमीटर भुजवाला वर्गक्षेत्र खींचे
इसके भीतरका क्षेत्रफल एक वर्ग डेसीमीटर कहलाता
प्रत्येक भुजको सेंटीमीटरोंमें विभक्त करो। अलग
वाले विन्दुओंसे वर्गक्षेत्रके भुजोंके समानान्तर रेखाएं खीं

वर्ग डेसीमीटर अब छोटे वर्गक्षेत्रोंमें बँट गया। प्र
वर्गका क्षेत्रफल १ वर्ग सेंटीमीटर है। यह प्रत्यक्ष है
एक एक पंक्ति में १० वर्ग से० मी० हैं। और ऐसी १० पं
हैं। इसलिए कुल वर्गक्षेत्रमें १०० वर्ग सेंटीमीटर
परन्तु कुल वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल १ वर्ग डेसीमीटर है,
लिए १ वर्ग डेसीमिटर = १०० वर्ग सेंटीमीटर। इसी
नीचे लिखे सम्बन्धोंकी जांच कर सकते हो—

१ वर्ग सेंटीमीटर = १ सें० मी० × १ सें० मी०
= १० मि० मी० × १० मि० मी०
= १०० वर्ग मि० मी०

१ वर्ग मीटर = १ मी० × १ मी०
= १० डे० मी० × १० डे० मी०
= १०० वर्ग डेसीमीटर

इस आयतक्षेत्रकी लम्बाई "अब" या "सद" ३ इंच और चौड़ाई "अ द" या "बस" २ इंच है। "अब" पर एक एक इंचके अन्तरपर बिंदु रखकर, जिसमें वह तीन समान भागोंमें बँट जाय, बगलवाले भुजके समानान्तर रेखाएं खींचो और 'अ द' के मध्य बिन्दुसे 'अब' या 'दस' के समानान्तर एक रेखा खींचो।

चित्र ११

कुल आयतक्षेत्रमें वर्ग इंचोंकी दो पंक्तियां हैं और प्रत्येक पंक्तिमें तीन तीन वर्ग इंच हैं, इसलिए कुल ३×२ वर्ग इंचके बराबर हुआ। अर्थात् जब आयतक्षेत्रकी लम्बाई ३ इंच और चौड़ाई २ इंच है तब उसका क्षेत्रफल ३ इंच × २ इंच या ६ वर्ग इंच हुआ।

इसी प्रकार कई असमान आयतक्षेत्र खींचकर उनका क्षेत्रफल निकालो और आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल मालूम करनेका नियम बनाओ। यह याद रखो कि आयत क्षेत्रकी लम्बाई, चौड़ाई पूर्णाङ्क इकाइयोंमें हो।

प्रयोग ७—ऐसे आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल निकालना जिसके भुज पूर्णाङ्क इकाइयों (इंचों) में न हो।

पहिले ऊपर बनाये हुए नियमके अनुसार लम्बाई चौड़ाईको गुणा करके आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल बताओ, फिर उत्तरकी शुद्धताकी जांच खानेदार काग़ज़पर करो।

अभ्यासार्थ प्रश्न—८

(१) ४ वर्ग डेसीमीटरमें कितने वर्ग सेंटीमीटर होते हैं?

(२) ६ वर्ग मीटरको वर्ग मिलीमीटर में लिखो।

(३) १५ वर्ग सें० मी० का वर्ग मीटर बनाओ।

(४) १५०·१ वर्ग मि० मी०का वर्ग सें० मीटर बनाओ।

(५) ८ वर्ग सें० मी० ७० वर्ग मि० मी० को वर्ग डे० मी० में लिखो।

(६) एक वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल ७ वर्ग डेसीमीटर ३ वर्ग सें० मी० है और दूसरेका ६१ वर्ग सें० मी० ६ वर्ग मि०मी० है। इन दोनोंके क्षेत्रफल मिलाकर कितना होगा? उत्तर वर्ग सेंटीमीटर में लिखो।

(७) १·७ डेसीमीटर भुजवाले वर्गक्षेत्रमेंसे एक वर्गक्षेत्र काटा गया जिसकी भुज ५·७ सें० मी० है। बचे हुए टुकड़ेका क्षेत्रफल वर्ग मि० मी० में लिखो।

(८) ७ वर्ग फुट ६ वर्ग इंचके वर्ग गज बनाओ।

(९) एक भूमिके टुकड़ेका क्षेत्रफल ६८६ वर्ग गज ३ वर्ग फुट है उसमेंसे एक वर्गाकार खेत निकाल कर धान रोपा गया। इस टुकड़ेकी प्रत्येक भुज २५ गज २ फु० है तो बची हुई भूमिका क्षेत्रफल क्या है?

(१०) एक मेजका क्षेत्रफल ३८६५ वर्ग इंच है; इसीको वर्ग फुटमें लिखो।

आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल निकालना

जिस क्षेत्रके सामनेके भुज समानान्तर और समान होते हैं और सब कोण समकोण, उसको आयतक्षेत्र (rectangle) कहते हैं। आयत क्षेत्रके लम्बे भुजकी लम्बाईको आयतक्षेत्र की लम्बाई और छोटे भुजकी लम्बाईको आयतक्षेत्रकी चौड़ाई कहते हैं। चित्र ११ में अ ब स द एक आयतक्षेत्र खिंचा हुआ है।

इस आयतक्षेत्रमें ६ पूर्ण वर्ग इंच हैं; तीन ऐसे आयतक्षेत्र हैं जिनमेंसे प्रत्येकके भीतर छोटे छोटे साठ वर्गक्षेत्र हैं, इसलिए मिलाकर इनका क्षेत्र फल $\frac{६०\times३}{१००}$ वर्ग इंचके समान हुआ; २ ऐसे आयत क्षेत्र हैं जो प्रत्येक २० छोटे वर्गक्षेत्रके समान हैं इसलिए उनका क्षेत्रफल मिलाकर $\frac{२०\times२}{१००}$ वर्ग इंच हुआ; कोनेमें एक छोटासा आयतक्षेत्र है जिसका क्षेत्र फल $\frac{१२}{१००}$ वर्ग इंचके समान है। इसलिए ३·२ इंच लम्बे और २·६ इंच चौड़े आयतक्षेत्रका क्षेत्रफल

$$= ६ + \frac{६०\times३}{१००} + \frac{२०\times२}{१००} + \frac{१२}{१००} \text{ वर्ग इंच}$$

$$= ६ + १·८ + ·४ + ·१२ \text{ वर्ग इंच}$$

$$\therefore = ८·३२ \text{ वर्ग इंच}$$

नियमानुसार क्षेत्रफल निकालनेपर भी यही उत्तर आया था। इसलिए नियम ठीक है और ऐसे लिखा जाता है—

आयतक्षेत्रकी लम्बाईकी इकाइयोंके अंकको उसकी चौड़ाईकी इकाइयोंके अंकसे गुणा करो और गुणनफलको क्षेत्रफलकी इकाइयोंका अंक समझो।

बीज गणितकी भाषामें—

यदि आयतक्षेत्रकी लम्बाईकी इकाइयोंका अंक 'ल' हो
और " " चौड़ाई " " 'च' हो
और " के क्षेत्रफल " " 'क्ष' हो
तो क्ष=ल×च

यह आयत क्षेत्रके क्षेत्रफल मालूम करनेका गुर है।

मान लो आयतक्षेत्रकी लम्बाई ३·२ इं० और चौड़ाई २·६ इंच है। नियमके अनुसार इसका क्षेत्रफल = ३·२×२·६ इं = ८·३२ वर्ग इंच।

जांचके लिए खानेदार कागज़ लेकर चित्र १२ की भांति ३·२ इं० लम्बा और २·६ इं० चौड़ा आयत क्षेत्र खींचो। इस बातपर ध्यान रखो कि आयतक्षेत्रका एक लम्बा भुज और एक छोटा भुज मोटी लकीरोंपर पड़े (चि० १२)

चि० १२

खर्च पड़ेगा और कै गज़ गाढ़ा खरीदना पड़ेगा? गाढ़ेका भाव प्रति गज़ दो आने है।

कमरेका क्षेत्रफल $= १६' \times १२'$

$= १९२$ वर्ग फुट

इसलिए जाजिमका क्षेत्रफल भी १९२ व॰ फु॰ होना चाहिए।

गाढ़ेकी चाड़ाई $=$ १ फु॰ ६ इं॰ $=$ १.५ फुट

$\therefore$ गाढ़ेकी लम्बाई $= \frac{\text{१९२ व॰ फु॰}}{\text{१.५ फु॰}}$

$=$ १२८ फुट

$= ४२\frac{२}{३}$ गज़

अर्थात् $४२\frac{२}{३}$ गज़ गाढ़ा खरीदनेमें ठीक जाजिम बन सकेगी।

गाढ़ेका दाम $= ४२\frac{२}{३} \times २$ आने

$= \frac{१२८}{३} \times \frac{२}{१६}$ रुपये

$= \frac{१६}{३}$ रु॰

$=$ ५ रु॰ ५ आ॰ ४ पाई

अभ्यासार्थ प्रश्न—५

(१) एक पोस्ट कार्ड १२.५ सें॰ मी॰ लम्बा और ८० मि॰ मी॰ चौड़ा है तो इसका क्षेत्रफल क्या होगा?

(२) नीचे दिये हुए आयतोंके क्षेत्रफल बताओ—

(१) १.२ मी॰ लम्बा, ७५ सें॰ मी॰ चौड़ा;

(२) २.३ फुट लम्बा, १.५ फुट चौड़ा.

(३) ५ ग॰ २ फुट लम्बा, ३ ग॰ १ फुट ३ इंच चौड़ा।

उदाहरण १—

(१) एक वर्गाकार १'५ फुट भुजवाली तख़्ती एक तख़्तेमेंसे का[illegible] अलग करना है। ऐसा करनेमें तख़्तेका क्षेत्रफल कितना कम हो जायगा।

वर्गाकार तख़्तीका क्षेत्रफल = १'५ फुट × १'५ फुट = २'२५ वर्ग फु[illegible]

तख़्तेका क्षेत्रफल २'२५ वर्ग फुट कम हो जायगा।

(२) एक वर्गाकार आंगनमें २'५ फु० भुजवाले पत्थरके [illegible] कितना ख़र्च बैठेगा? प्रत्येक तख़्तेके दाम ६ आने हैं और [illegible] किनारा १६ गज़ २ फुट है।

१६ ग० २ फुट = १६ × ३ + २ = ५० फुट

∴ आंगनका क्षेत्रफल = ५० फुट × ५० फुट

= २५०० वर्ग फुट

पत्थरके प्रत्येक तख़्तेका क्षेत्रफल = २'५ फु० × २'५ फु०

= ६'२५ वर्ग फुट

∴ पूरे आंगनको ढकनेकेलिए $\frac{\text{२५०० व० फु०}}{\text{६'२५ व० फु०}}$ अर्थात् ४०० तख़्ते[illegible] [illegible]श्यकता होगी। प्रत्येक तख़्तेके दाम ६ आने हैं, इसलिए ४०० त[illegible]

[illegible]० × ६ आने अथवा १५० रुपये लगेंगे।

उदाहरण २—

(१) एक चबूतरेकी लम्बाई ३० गज़ २ फुट और चौड़ाई १२ गज़ [illegible] है; चबूतरेका क्षेत्रफल क्या है?

३० गज़ २ फुट = ३० × ३ + २ फुट = ९२ फुट

१२ गज़ १ फुट = १२ × ३ + १ फुट = ३७ फुट

∴ चबूतरेका क्षेत्रफल = ९२′ × ३७′

= ३४०४ वर्ग फुट

(२) एक कमरेकी लम्बाई १६′ और चौड़ाई १२′ है; १ फु[illegible] चौड़े गादेकी ऐसी जाज़िम जो फ़र्शको पूरी तरह ढक सके बना[illegible]

(३) नीचे दिये हुए आयत क्षेत्रोंका दूसरा भुज बताओ—

(१) क्षेत्र फल १५·८ वर्ग मी०, लम्बाई ७ डे० मी०;

(२) „ २५० वर्ग फुट, चौड़ाई १२५ फुट।

(४) एक कमरा अन्दरसे ३० फुट लम्बा, २० फुट चौड़ा [illegible] फुट ऊंचा है; इसकी भीतरी दीवालोंका क्षेत्रफल कितना है?

(५) एक मनुष्य ६० गज़ लम्बे और ४० गज़ चौड़े भूमि[illegible] पन्द्रह पन्द्रह फुटके अन्तरपर आमके पेड़ रोपना चाहता है; [illegible] पौदोंकी आवश्यकता पड़ेगी?

(६) एक तांबेकी चादर ३ फुट लम्बी और दो फुट चौड़ी है; [illegible] भुजवाले वर्गाकार टुकड़े कितने काटे जा सकते हैं और बची हुई [illegible] क्षेत्रफल कुल क्षेत्रफलका कौनसा भिन्न होगा?

(७) एक वर्गाकार आंगनका प्रत्येक किनारा २५ फुट है; [illegible] ५ इंच×५ इंच ईंटोंसे आंगनको पक्का करानेमें कमसे कम कित[illegible] लगेगा जब ईंटोंका भाव ८) हज़ार हो और प्रति १०० ईंटोंके [illegible] आठ आने और खर्च हों?

(८) एक पार्क ८५ मीटर लम्बा और ६० मीटर चौड़ा है। [illegible] बीच ५ मीटर लम्बा और उतना ही चौड़ा एक हौज़ है; चारों [illegible] एक एक सीधी सड़क जिसकी चौड़ाई २ मीटर है हौज़ तक [illegible] पार्ककी कितनी भूमि आजायगी? यह ध्यान रहे कि हौज़के चारों [illegible] मीटर चौड़ी सड़क पहिलेसे ही बनायी हुई है।

(९) एक कमरेकी दीवालोंमें ८·७ डे० मी० लम्बा और ५६ [illegible] चौड़ा काग़ज़ लगवानेमें कितना ख़र्च पड़ेगा जब कमरा २० मी० [illegible] मी० चौड़ा और ६ मी० ऊंचा हो और काग़ज़का दाम प्रति [illegible]

त्रिभुजका क्षेत्रफल

तीन सीधी रेखाओंसे बने हुए क्षेत्रको (triangle) कहते हैं। जिस बिंदुपर कोई दो भुज मिलते हैं त्रिभुजका शीर्ष कहते हैं। [illegible] किसी भुजपर

(३) नीचे दिये हुए आयत क्षेत्रोंका दूसरा भुज बताओ—

(१) क्षेत्र फल १५'८ वर्ग मी०, लम्बाई ७ डे० मी०;

(२) ,, २५० वर्ग फुट, चौड़ाई १२'५ फुट।

(४) एक कमरा अन्दरसे ३० फुट लम्बा, २० फुट चौड़ा और फुट ऊंचा है ; इसकी भीतरी दीवालोंका क्षेत्रफल कितना है!

(५) एक मनुष्य ६० गज़ लम्बे और ४० गज़ चौड़े भूमिमें, पन्द्रह पन्द्रह फुटके अन्तरपर आमके पेड़ रोपना चाहता है; उसको पौदोंकी आवश्यकता पड़ेगी ?

(६) एक तांबेकी चद्दर ३ फुट लम्बी और दो फुट चौड़ी है; १ भुजवाले वर्गाकार टुकड़े कितने काटे जा सकते हैं और बची हुई क्षेत्रफल कुल क्षेत्रफलका कौनसा भिन्न होगा ?

(७) एक वर्गाकार आंगनका प्रत्येक किनारा २५ फुट है; १० ५ इंच×४ इंच ईंटोंसे आंगनको पक्का करानेमें कमसे कम कितना लगेगा जब ईंटोंका भाव ८) हज़ार हो और प्रति १०० ईंटोंके आठ आने और खर्च हों ?

(८) एक बाग़ ८५ मीटर लम्बा और ६० मीटर चौड़ा है। इसके बीच ५ मीटर लम्बा और उतना ही चौड़ा एक हौज़ है; चारों एक एक सीधी सड़क जिसकी चौड़ाई २ मीटर है हौज़ तक बाग़की कितनी भूमि आजायगी ? यह ध्यान रहे कि हौज़के चारों ओर मीटर चौड़ी सड़क पहिलेसे ही बनायी हुई है।

(९) एक कमरेकी दीवालोंमें ८'७ डे० मी० लम्बा और ५६ डे० चौड़ा काग़ज़ लगवानेमें कितना ख़र्च पड़ेगा जब कमरा २० मी० लम्बा मी० चौड़ा और ६ मी० ऊंचा हो और काग़ज़का दाम प्रति दस्ता ११)

त्रिभुजका क्षेत्रफल

तीन सीधी रेखाओंसे बने हुए क्षेत्रको (triangle) कहते हैं। जिस बिंदुपर कोई दो भुज मिलते हैं त्रिभुजका शीर्ष कहते हैं। त्रिभुजके किसी भुजपर

(३) नीचे लिखे त्रिभुजोंका क्षेत्रफल बताओ जिनकी

ऊंचाई ४३ सें० मी० और आधार ३२ सें० मी०,

" १८ फुट और " १५ फुट,

" १ गज २ फुट ११ इंच और आधार ३ ग० १ फु० ५ इं० है।

(४) एक त्रिभुजके भुजोंके मान ५ सें० मी०, ७ सें० मी० और ६ सें० मी० हैं। इसको खानेदार कागज़पर खींचो और गिनकर क्षेत्रफल निकालो। उत्तरकी शुद्धता जांचनेकेलिए किसी भुजपर लम्ब गिरा कर गुरकी सहायतासे भी क्षेत्रफल निकालो और देखो उत्तरोंमें क्या अन्तर पड़ता है।

(५) एक (parallelogram) समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्र खानेदार कागज़पर खींचो। किसी दो सामनेके कोणोंको मिला देनेसे दो त्रिभुज बन जायंगे। इनमेंसे प्रत्येकका क्षेत्रफल गिनकर निकालो। समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रका क्षेत्रफल किसके बराबर है? दूसरी प्रकार तीन प्रयोग और करके समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रके क्षेत्रफल निकालनेका कोई गुर स्थापित करो। (समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रमें भी यदि किसी भुजपर सामनेके कोणसे लम्ब गिराया जाय तो वह भुज उस लम्बका आधार कहलाता है।)

वक्र क्षेत्रका क्षेत्रफल

खानेदार कागज़पर कोई टेढ़ा मेढ़ा क्षेत्र खींचो। पूर्ण और चौथाई वर्ग इंचोंको जो क्षेत्रमें पड़ गये हैं गिन लो। बचे हुए क्षेत्रका क्षेत्रफल छोटे छोटे वर्गक्षेत्रों और उनके टुकड़ोंको पहले कहे हुए नियमके अनुसार गिनकर वर्ग इंचमें निकालकर पूर्ण वर्ग इंचोंमें जोड़ दो। योगफल क्षेत्रका क्षेत्रफल होगा।

प्रयोग ६—ब्रिटिश और मेट्रिक क्षेत्रफलकी इकाइयोंका सम्बन्ध मालूम करना।

(१) खानेदार कागज़पर ऐसा आयतक्षेत्र अथवा वर्गक्षेत्र खींचो जिसके भुजोंकी लम्बाई पूर्ण सेंटीमीटरोंमें हों। उसका क्षेत्रफल दोनों इकाइयोंमें मालूम करो। फिर ऐकिक

परके लम्बसे गुणा करके आधा करो ; देखो इनमें क्या अन्तर पड़ता है।

२—तीन त्रिभुज जिनमेंसे एक अधिककोण, समकोण और तीसरा न्यूनकोण हो खानेदार ... ऐसे खींचो कि प्रत्येकका लम्ब एक दूसरेके ... और प्रत्येकका आधार भी बराबर हो। गिनकर ... निकालो और देखो कि हिसाबसे निकाले हुए क्षेत्रफल कितनी भिन्नता होती है

अभ्यासार्थ प्रश्न—६

(१) एक त्रिभुजका क्षेत्रफल १२०० वर्ग फुट और आधार ६० फुट। उसकी ऊंचाई कितनी होगी ?

$$क्ष = \frac{१}{२} \times आ \times ल;$$ जहां क्ष, आ और ल क्रमसे क्षेत्रफल, ... और लम्बको सूचित करते हैं।

$$\because १२०० \text{ वर्गफुट} = \frac{१}{२} \times ६० \text{फुट} \times ल$$

$$\therefore ल = \frac{१२०० \times २}{६०} \text{फुट}$$

$$= ४० \text{ फुट}$$

(२) एक त्रिभुजके भुजोंके मान १२ फुट, १६ फुट और २० फुट। उसका क्षेत्रफल क्या है ?

१२ फुट और १६ फुट वाले भुजोंके बीचका कोण समकोण है। इनमेंसे एकको आधार और दूसरेको लम्ब मान लेना चाहिए। इसलिए

$$\text{क्षेत्रफल} = \frac{१}{२} \times १२ \times १६ \text{ वर्ग फुट}$$

$$= ९६ \text{ वर्ग फुट।}$$

(३) नीचे लिखे त्रिभुजोंका क्षेत्रफल बताओ जिनकी

ऊंचाई ४३ सें० मी० और आधार ३२ सें० मी०,

" १८ फुट और " १५ फुट,

" १ गज २ फुट ११ इंच और आधार १ ग० १ फु० ५ इं० है।

(४) एक त्रिभुजके भुजोंके मान ५ सें० मी०, ७ सें० मी० और ६ सें० मी० हैं। इसको ग्रानेदार कागज़पर खींचो और गिनकर क्षेत्रफल निकालो। उसकी शुद्धता जांचनेकेलिए किसी भुजपर लम्ब गिरा कर गुरकी सहायतासे क्षेत्रफल निकालो और देखो उत्तरोंमें क्या अन्तर पड़ता है।

(५) एक (parallelogram) समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्र ग्रानेदार कागज़पर खींचो। किसी दो सामनेके कोणोंको मिला देनेसे दो त्रिभुज बन जायंगे। इनमेंसे प्रत्येकका क्षेत्रफल गिनकर निकालो। समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रका क्षेत्रफल किसके बराबर है? इसी प्रकार तीन प्रयोग और करके समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रके क्षेत्रफल निकालनेका कोई गुर स्थापित करो। (समानान्तर चतुर्भुज क्षेत्रमें भी यदि किसी भुजपर सामनेके कोणसे लम्ब गिराया जाय तो वह भुज उस लम्बका आधार कहलाता है।)

वक्र क्षेत्रका क्षेत्रफल

ख़ानेदार कागज़पर कोई टेढ़ा मेढ़ा क्षेत्र खींचो। पूर्ण और चौथाई वर्ग इंचोंको जो क्षेत्रमें पड़ गये हैं गिन लो। बचे हुए क्षेत्रका क्षेत्रफल छोटे छोटे वर्गक्षेत्रों और उनके टुकड़ोंको पहले कहे हुए नियमके अनुसार गिनकर वर्ग इंचमें निकालकर पूर्ण वर्ग इंचोंमें जोड़ दो। योगफल क्षेत्रका क्षेत्रफल होगा।

प्रयोग ६—ब्रिटिश और मेट्रिक क्षेत्रफलकी इकाइयोंका सम्बन्ध मालूम करना।

(१) ख़ानेदार कागज़पर ऐसा आयतक्षेत्र अथवा वर्गक्षेत्र खींचो जिसके भुजोंकी लम्बाई पूर्ण सेंटीमीटरोंमें हो। उसका क्षेत्रफल दोनों इकाइयोंमें मालूम करो। फिर ऐकिक

नियम वा त्रैराशिकद्वारा यह मालूम करो कि एक ब्रिटिश इकाईमें कितनी मेट्रिक इकाइयां होती हैं।

(२) एक आयतक्षेत्र अथवा वर्गक्षेत्रकी (dimensions) नापोंको दोनों इकाइयोंमें लिखकर गुणद्वारा उस क्षेत्रका क्षेत्रफल दोनों इकाइयोंमें निकालो फिर ऐकिक नियमद्वारा यह देखो कि ब्रिटिश क्षेत्रफलकी एक इकाईमें मेट्रिक क्षेत्रफल की कितनी इकाइयां शामिल हैं।

प्रयोग १०—वृत्तका (circle) क्षेत्रफल निकालना।

खानेदार कागज़पर एक वृत्त खींचो और उसका क्षेत्रफल गिनकर निकालो। अर्द्धव्यासकी लम्बाई नापकर वर्ग करदो। वर्गफल उस वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल होगा जिसका भुज अर्द्धव्यासकी लम्बाईके बराबर है। वृत्तके क्षेत्रफलको अर्द्धव्यासपरके वर्गक्षेत्रके क्षेत्रफलसे भाग दो। इसी प्रकार और असमान वृत्त खींचकर प्रत्येकके क्षेत्रफलको उसीके व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रके क्षेत्रफलसे भाग दो और नीचेकी तरह सारिणी बनाकर उनको दर्ज करो—

वृत्तका व्यासार्द्ध	वृत्तका क्षेत्रफल	व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल	वृत्तका क्षेत्रफल ÷ व्यासार्द्धपरके वर्गक्षेत्रका क्षेत्रफल
इंच	वर्ग इंच	वर्ग इंच	
३·५	...	...	...
२	...	...	...
१·३	..	...	...
·२·५	...		...

(४) एक कुण्डको भरनेकेलिए तीन नल लगे हुए हैं जिनके भीतरी व्यास क्रमसे ३ इंच, २ इंच और २·५ इंच हैं। पहला एक घंटेतक लगातार खुला रहे तो कुण्ड लबालब भर जाता है; यदि यह बन्द कर दिया जाय और बाकी दो नल खोल दिये जायं तो खाली कुंड भरनेमें जल्दी होगी अथवा देरी और कितनी जल्दी वा देरी होगी?

(५) एक गोल मैदानका क्षेत्रफल ५१२३४ वर्ग फुट है तो उसका व्यास कितना है? इसके चारों ओर तार से घेर देनेकेलिए कितना लम्बा तार खरीदना होगा जब ऊपरसे नीचे तक एक एक एक फुटके अन्तरपर चार तार लगाने हैं?

तोलकर क्षेत्रफल निकालना

अभीतक नापकर अथवा गिनकर क्षेत्रफल मालूम करनेका नियम बतलाया गया है। यह जान लेना आवश्यक है कि तोलकर भी क्षेत्रफल निकाला जा सकता है, परन्तु इसकेलिए ऐसी चद्दर या कागज़के तख़्तेकी आवश्यकता पड़ती है जिसकी मोटाई सब स्थानोंमें समान हो फिर तो किसी टेढ़े मेढ़े तख़्ते या चद्दरका क्षेत्रफल निकालना हाथोंका खेल है। इस रीतिकी शुद्धताकी जांच पहले ऐसे क्षेत्रसे करना उचित है जिसका क्षेत्रफल नापकर भी जाना जा सके, इसलिए एक वृत्तका क्षेत्रफल निकालना चाहिए।

प्रयोग ११—तोलकर वृत्तका क्षेत्रफल निकालना।

समान मोटाईवाले कागज़का एक तख़्ता लेकर उसको आयताकार अथवा वर्गाकार बड़ी सावधानीके साथ किसी तेज़ कैंचीसे काटो जिसमें किनारे बिलकुल सीधे निकलें। मीटर-रूलसे नापकर इसका क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरमें निकालो। इसको तोल भी लो। तोलको क्षेत्रफलसे भाग देनेपर एक वर्ग सेंटीमीटर तख़्तेकी तोल मालूम हो जायगी

पहले हौज़के धरातलका क्षे० $= \pi \left(\frac{७}{२}\right)^{२}$ वर्ग फट

$= ३\cdot१४ \times \frac{७}{२} \times \frac{७}{२}$ व० फ०

$= ३८\cdot ४६५$ व० फु०

दूसरे हौज़के धरातलका क्षे० $= \pi \times \left(\frac{५}{२}\right)^{२}$ व० फु०

$= ३\cdot१४ \times \frac{५ \times ५}{४}$ व० फु०

$= १९\cdot६२५$ व० फु०

तीसरे हौज़के धरातलका क्षेत्र० $= \pi \times \left(\frac{३}{२}\right)^{२}$ व० फु०

$= ३\cdot१४ \times \frac{३}{२} \times \frac{३}{२}$ व० फु०

$= ७\cdot०६५$ व० फु०

दूसरे और तीसरे हौज़के धरातलका क्षेत्रफल मिलाकर २६·६९ हुआ इसलिए पहिले हौज़में अधिक पानी होगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न—७

(१) नीचे लिखे हुए वृत्तोंका क्षेत्रफल बतलाओ—

(१) व्यास ३·५ फुट, (२) व्यासार्द्ध १० डे० मी० (३) ३८३ सें०मी० (४) अर्धपरिधि ९८ मी०।

(२) ८५ फुट लम्बे ६० फु० चौड़े मैदानके बीचमें एक चबूतरा है व्यास २१ डे० मी० है, बची हुई भूमि कुल मैदानका कौनसा भिन्न है

(३) जिस वृत्तका व्यासार्द्ध १० फुट है, वह तीन बराबर हिस्सोंमें वृत्तोंसे बटा है जिनके केन्द्र बड़े वृत्तके केन्द्रपर हैं तो इन दोनों व्यासार्द्ध कितने होंगे?

(४) एक कुण्डमें भरनेकेलिए तीन नल लगे हुए हैं जिनके भीतरी व्यास क्रमशः १ इंच, २ इंच और २·५ इंच हैं। पहला एक घंटेतक लगातार खुला रहे तो कुण्ड लबालब भर जाता है; यदि यह बन्द कर दिया जाय और बाकी दो नल खोल दिये जाय तो खाली कुंड भरनेमें जल्दी होगी अथवा देरी और कितनी जल्दी या देरी होगी?

(५) एक गोल मैदानका क्षेत्रफल ४१३१४ वर्ग फुट है तो इसका व्यास कितना है? इसके चारों ओर तार से घेर देनेकेलिए कितना लम्बा तार खरीदना होगा जब ऊपरसे नीचे तक एक एक फुटके अन्तरपर चार तार लगाने हैं?

तोलकर क्षेत्रफल निकालना

अभीतक नापकर अथवा गिनकर क्षेत्रफल मालूम करने-का नियम बतलाया गया है। यह जान लेना आवश्यक है कि तोलकर भी क्षेत्रफल निकाला जा सकता है, परन्तु इसकेलिए ऐसी चद्दर या कागज़के नक्शेकी आवश्यकता पड़ती है जिसकी मोटाई सब स्थानोंमें समान हो फिर तो किसी टेढ़े मेढ़े नक्शे या चद्दरका क्षेत्रफल निकालना हाथोंका खेल है। इस रीतिकी शुद्धताकी जांच पहले ऐसे क्षेत्रसे करना उचित है जिसका क्षेत्रफल नापकर भी जाना जा सके, इसलिए एक तख्तेका क्षेत्रफल निकालना चाहिए।

प्रयोग ११—तोलकर तख्तेका क्षेत्रफल निकालना।

समान मोटाईवाले कागज़का एक तख्ता लेकर उसको आयताकार अथवा वर्गाकार बड़ी सावधानीके साथ किसी तेज़ कैंचीसे काटो जिसमें किनारे बिलकुल सीधे निकलें। मीटर-रूलसे नापकर इसका क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरमें निकालो। इसको तोल भी लो। ... ने भाग देने-
र एक वर्ग सेंटीमीटर तख्तेकी ... गी

तख़्तेपर एक वृत्त खींचो जिसका व्यास सेंटीमीटरोंमें नापो। कैंचीसे तख़्तेको परिधिपर इस प्रकार काटो कि पूरा गोल तख़्ता निकल आवे, कहींसे टेढ़ा न हो। इस गोल तख़्तेका व्यास फिर नापो और देखो पहली नापसे मिलता है कि नहीं। इसको भी तोल लो और इस तोलको १ वर्ग सेंटीमीटर तख़्तेकी तोलसे भाग दो। भजनफल गोल तख़्तेका क्षेत्रफल वर्ग सेंटीमीटरोंमें होगा।

नापनेसे जो व्यासकी लम्बाई मालूम हुई है उसीको लेकर गुरके अनुसार क्षेत्रफल निकालो और देखो दोनों विधियोंसे क्षेत्रफल निकालनेमें क्या अन्तर पड़ता है।

इसी प्रकार असमान वृत्ताकार तख़्ते काटकर हर एकका क्षेत्रफल निकालो और नीचे लिखी हुई सारिणी बनाकर दर्ज करो :—

आयताकार तख़्तेकी तोल......ग्राम
" " का क्षेत्रफल......वर्ग सें० मी०
१ वर्ग सें० मी० तख़्तेकी तोल.........ग्राम

वृत्ताकार तख़्तेका व्यासार्द्ध	वृत्ताकार तख़्तेकी तोल	वृत्ताकार तख़्तेका क्षेत्रफल	नापने और गुर द्वारा निकालने पर क्षेत्रफल
सें० मी०	ग्राम	वर्ग सें० मी०	वर्ग सें० मी०

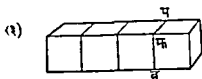
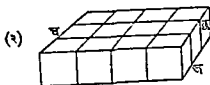
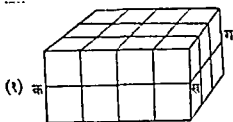
(litre) १ घन डे० मी० या लीटर (1 cubic decimetre १
cl.) कहते हैं। इसी तरह प्रत्येक लम्बाईकी इकाईसे
रखनेवाली घनफलकी इकाई भी होती है जैसे घ
घन मिली-मीटर, घन किलो-मीटर इत्यादि जिनकी
स्वयम् बनालो।

घनफलके ब्रिटिशमान

ब्रिटिश राज्यमें घनफलकी इकाइयां साधारणतः घन
घन फुट और घन गज़ हैं जिनकी परिमाण स्वयम् बना
कुछ कठिन नहीं है।

आयताकार ठोसका घनफल

जिस ठोसमें ६ पहल हों और प्रत्येकका तल
हो उसको (rectangular) आयताकार ठोस कहते हैं
संदूक, दियासलाईका घर, इत्यादि आयताकार ठोस
हरण हैं। किसी आयताकार ठोसका घनफल
उसको घनफलकी इकाईयोंमें बाँटना होगा। घनफल
नी इकाइयां उसमें शामिल होंगी वही उस आयता
का घनफल होगी। उदाहरणार्थ एक ऐसा ठोस लो
लम्बाई ४ इंच, चौड़ाई ३ इंच और ऊंचाई २ इंच है
चित्र १५)। इसमें (१) सम्पूर्ण ठोसको प्रकट
(२) ठोसके आधे भागको प्रकट करता है अर्थात
ठोस क ख ग तलकी सीधमें चीर दिया जाय तो
समान तख़्ते हो जायंगे जिनमेंसे प्रत्येक तख़्ता (२)
होगा। यह तख़्ता तीन समान छड़ोंमें चीरा जा
(३) में दिखाया हुआ छड़ ऐसे ही तख़्तेके च
चीरनेसे निकल सकता है। प्रत्येक छड़ भी ४ घन

जा सकता है; (४) में दिखाया गया घन इंच इसी छड़को फ ब सीधमें चीरनेसे निकला है।

इस प्रकार यह सिद्ध होता है कि इस आयताकार ठोसमें २४ घन इंच निकल सकते हैं अर्थात् इस ठोसका घनफल २४ घन इंच है क्योंकि इस छड़में ४ घन इंच निकाले जा सकते

हैं और एक तख्तेमें ३ छड़. इसलिए एक तख्तेमें ४×३ घन इंच हुए। परन्तु उस ठोसमें दो समान तख्ते निकाले जा सकते हैं इसलिए उस ठोसमें २×४×३ घन इंच हुए।

यही उत्तर आयताकार ठोसकी लम्बाई, चौड़ाई, और ऊंचाईको गुणा कर देनेसे भी निकलता है क्योंकि ४ इं०×३ इं०×२ इं०=२४ घन इंच।

इसलिए आयताकार ठोसका घनफल निकालनेकेलिए, लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाईको गुणा कर दो, गुणनफल घनफल होगा।

बीज गणितकी भाषामें—

यदि आयताकार ठोसकी लम्बाई ल हो
" " चौड़ाई च हो
" " ऊंचाई ऊ हो
और " " का घनफल घ हो
तो घ = ल × च × ऊ

इसी प्रकार किसी घनका घनफल निकालनेकेलिए उसके एक भुजकी लम्बाई जानकर उसका घन ले लो अर्थात् उसको उसीसे दो बार गुणा करो, गुणनफल घनका घनफल होगा क्योंकि घनकी लम्बाई, चौडाई और ऊंचाई समान होती हैं। गुरके रूपमें यह इसप्रकार लिखा जा सकता है:—

$$घ = क \times क \times क = क^3$$

जहां घ = घनका घनफल
क = घनके एक किनारेकी लम्बाई

घनफलकी ब्रिटिश इकाइयोंका सम्बन्ध—

एक घन फुटकी लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई प्रत्येक १ फुट अर्थात् १२ इंच होती है। इसमें १२ तख्ते ऐसे काटे जा सकते हैं, जिनमेंसे प्रत्येक १२ इंच लम्बा, १२ इंच चौड़ा

और एक इंच मोटा हो; प्रत्येक तख़्ता ऐसे छड़ोंमें चीरा जा सकता है जिनमेंसे प्रत्येक १२ इंच लम्बा, १ इंच चौड़ा और एक इंच ऊंचा हो और प्रत्येक छड़ १२ इंच-घनोंमें काटा जा सकता है। इसलिए एक घन फुटमें १२×१२×१२ इंच घन बनाये जा सकते हैं। परन्तु एक इंच–घनका घनफल एक घन इंच होता है इसलिए १ घन फुटमें १२×१२×१२ घन इंच होते हैं।

गुरकी सहायतासे भी यही बात सिद्ध हो सकती है कि—

१ घन फुट = १ फु० × १ फु० × १ फु०
= १२ इं० × १२ इं० × १२ इं०
= १२ × १२ × १२ घन इंच

और १ घन गज़ = १ गज़ × १ गज़ × १ गज़
= ३ फुट × ३ फुट × ३ फुट
= ३ × ३ × ३ घन फुट

मेट्रिक घनफलकी इकाइयोंका सम्बन्ध—

यह परिभाषामें ही बतला दिया गया है कि एक डेसीमीटर-घनका घनफल एक घन डेसीमीटर कहा जाता है। अब यह समझनेमें कोई कठिनाई न पड़नी चाहिए कि,

१ घन डेसीमीटर = १० सें०मी० × १० सें०मी० × १० सें०मी०
= १० × १० × १० घन सें०मी०

१ घन सेंटीमीटर = १० मि०मी० × १० मि०मी० × १० मि०मी०
= १० × १० × १० घन मि०मी०

१ घनमीटर...... = १ मी० × १ मी० × १ मी०
= १० डे०मी० × १० डे०मी० × १० डे०मी०
= १० × १० × १० घन डे० मी०

उदाहरण—

(१) एक शिला (पत्थरका टुकड़ा) ७ फुट लम्बा, ५ फुट चौड़ा और ४ फुट मोटा है तो उसका घनफल कितना होगा?

शिलाका घनफल = ७ फुट × ५ फुट × ४ फुट
= ७ × ५ × ४ घन फुट
= १४० घन फुट

(२) एक खुले सन्दूककी बाहरी लम्बाई २ $\frac{१}{२}$ फुट, चौड़ाई २ फु और ऊंचाई १ $\frac{१}{२}$ फुट है और उसकी भीतरी नाप २ फुट ४ इं०, १ फु १० इं० और १ फुट ५ इं० है। उसकी लकड़ीका घनफल बतलाओ और यह भी बतलाओ कि उसमें कितने घनफलकी वस्तु भरी जा सकती है।

यदि सन्दूक बिलकुल ठोस होता तो उसका घनफल $२\frac{१'}{२} \times २' \times १\frac{१'}{२}$ अर्थात् ७·५ घन फुट होता। परन्तु उसमें भीतर ख़ाली है और ख़ाली स्थान का घनफल = २ फुट ४ इंच × १ फुट १० इंच × १ फुट ५ इंच

$= २\frac{१'}{३} \times १\frac{५'}{६} \times १\frac{५'}{१२}$

$= \frac{७}{३} \times \frac{११}{६} \times \frac{१७}{१२}$ घन फुट

= ६ घन फुट १०४ घन इंच

∴ लकड़ीका घनफल = ७·५ घन फुट − ६ घन फुट
− १०४ घन इंच
= १ घन फुट ७६० घन इंच

ख़ाली स्थानका घनफल ६ घन फुट १०४ घन इंच है। इसलिये सन्दूकमें ६ घन फुट १०४ घन इंचकी वस्तु अट सकती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—८

(१) २५ हाथ लम्बा २० हाथ चौड़ा और ५ हाथ ऊंचा चबूतरा बनवानेमें कितनी मिट्टीकी आवश्यकता पड़ेगी ?

(२) १० गज़ लम्बी, २ फुट चौड़ी और $१\frac{१}{२}$ फुट ऊंची लकड़ीमेंसे १५ फुट लम्बी, ६ इंच चौड़ी और ६ इंच मोटी कितनी धन्नियां (धरणी) या शहतीर बनायी जा सकती हैं यदि यह मान लिया जाय कि चीरनेमें कोई अंश व्यर्थ नष्ट नहीं होने पावेगा ?

(३) एक लोहेका कुंड (टंकी) १५ फुट लम्बा, १० फुट चौड़ा और ८ फुट ऊंचा है तो उसमें कितना पानी भरा जा सकता है ? १ घन फुट पानीकी तोल $३१\frac{१}{४}$ सेरके लगभग होती है।

(४) एक दीवाल २५ ग० लम्बी, ३ ग० ऊंची और २ फुट मोटी बनायी जाय तो वह कितना स्थान घेर लेगी ?

४—द्रव पदार्थोंका आयतन

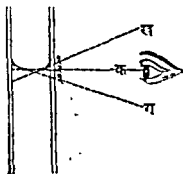
द्रव पदार्थोंके नापनेकेलिए नीचे दिये हुए नपने (measures) प्रयोग किये जाते हैं—

नपना घट (Measuring jar)—यह एक नलाकार बर्तन होता है और घन सेंटीमीटरोंमें चिह्नित किया रहता है जिससे किसी द्रवका घनफल घन सेंटीमीटरोंमें नापा जा सकता है। इसमें नीचेसे ऊपरको चिह्न बनाये जाते हैं, इसलिए द्रव-तल जिस चिह्नपर रहता है उतने ही घन सेंटीमीटर उस द्रवका घनफल समझा

चित्र १६

ब्यूरटसे नापनेकी रीति—पहले ब्यूरटको (stand) ढड्डेपर इसतरह लगाओ कि बिलकुल सीधा खड़ा रहे, इधर उधर झुका न हो। नीचेकी टोंटी बन्द करदो और ऊपरवाले मुंहमें (funnel) कीप रखकर द्रवको भरो। जब सबसे ऊपरवाले निशानके कुछ ऊपरतक भर जाय, कीप हटा लो क्योंकि इसके रक्खे रहनेसे कीपमें लगा हुआ द्रव धीरे धीरे ब्यूरटमें टपकेगा और द्रव-तलको पढ़े हुए चिह्नसे ऊपरको हटा देगा। इसके पश्चात टोंटी या चुटकी ढीली कर दो जिससे वहाँ की हवा निकल जाय और सब जगह द्रव ही द्रव रह जाय। फिर चुटकी कस दो और देखो द्रव-तल किस चिह्नपर है। जितना द्रव लेना हो टोंटी खोलकर उतना ले लो फिर बन्द कर दो और १० सेकंडतक ठहर-कर फिर देखो कि द्रवतल कहां है। ठहरनेका कारण यह है कि बगलमें लगा हुआ द्रव कुछ धीरे उतरता है इसलिए टोंटी बन्द करनेके बाद तुरन्त ही द्रवतलका चिह्न देखा जायगा तो कुछ अधिक पढ़ा जायगा परन्तु १० सेकंड ठहरनेपर लगे हुए द्रवके उतर चुकनेपर कोई अशुद्धि नहीं होगी।

चित्र १६

यह बहुधा देखा होगा कि नपना घट, ब्यूरट इत्यादिमें कोई द्रव भरा जाता है तो इसका ऊपरी तल समतल नहीं होता परन् वक्र होता है और

नीचेका सिरा नोकीला रहता है जिससे मुंह भी बहुत छोटा हो जाता है। ऊपरवाला मुंह नलिकाकी चौड़ाईके बराबर होता है। इसीके पास एक गोल रेखा चारों ओर खिची रहती है।

नलिकाका प्रयोग करनेकी रीति—इसके नोकीले सिरे-को पानीमें छोड़ दो और दूसरे सिरेमें मुंह लगाकर पानी ऊपर खींचो। जब चिह्नके ऊपरतक पानी चढ़ आवे तब जल्दीसे ऊपरवाले सिरेको अंगूठेसे दबाकर बन्द कर लो और नलिकाको पानीके बाहर निकाल लो। अंगूठेके दबावको ज़रासा कम करके बूँद बूँद करके पानी गिराते जाओ, जब वक्रतलका निचला बिन्दु रेखाको छूए हुए दिखाई पड़े तभी फिर कसकर दबा लो और जिस बर्तनमें पानी लेना चाहो उसमें गिरा लो। अन्तमें कुछ पानी नोकीले सिरेपर रह जायगा। इसलिए इस सिरेको पानीमें छुआ दो, थोड़ा पानी और गिर पड़ेगा। थोड़ी देरतक ठहरकर नलिका अलग रख दो। इतना करनेपर भी जो पानी लगा रह जाता है उसका हिसाब नहीं किया जाता क्योंकि चिह्न लगाते समय इस बातका विचार कर लिया जाता है। नलिकाके उभड़े हुए भागपर जो अंक लिखा रहता है उतना घन सेंटीमीटर पानी प्रत्येक बार निकाला जा सकता है।

नपनी कुप्पी (Measuring flask)—कभी कभी ऐसी कुप्पियोंसे नापनेका काम बड़ी आसानीसे लिया जाता है जिनसे एक साथ १०००, ५००, २५०, या १०० घन सेंटीमीटर द्रव नापा जा सकता है। ऐसी कुप्पियोंकी गर्दनमें गोल रेखा खिंची रहती है। जब उस चिह्नतक वक्रतलका निचला

प्रयोग १२—किसी बड़ी बोतलका आयतन (capacity) नापना।

नपने घटमें पानी ऊपरवाले चिह्नतक भरकर बोतलमें धीरे धीरे छोड़ो, जब बोतल बिलकुल भर जाय नपनेको हटाकर देखो पानी किस चिह्नतक है। इस चिह्नवाले अङ्कको ऊपरवाले चिह्नके अङ्कमें घटा दो। यही अन्तर उस बोतलका आयतन है। यदि बोतल न भरे और नपनेका पानी सब निकल जाय तो नपनेको थोड़ी देरतक बोतलमें ही नीचेकी तरफ़ थामे रहो। जब सारा पानी निथर जाय, फिर भरकर बोतलमें छोड़ो। बोतलके भर जानेपर देखो कुल कितना पानी छोड़ा गया। तीन बार इसी तरह बोतल भरो और उत्तरोंकी औसत निकालो।

प्रयोग १३—दवातका आयतन नापना।

इसके लिए ब्यूरट प्रयोग करना चाहिए। दवातको साफ़ करके सुखा लो और ब्यूरटमें पानी भरकर देखो किस चिह्नपर है। घुण्डी ढीली करके दवात भर लो। जिस समय दवात भर जाय घुण्डी छोड़ दो और देखो अब पानी किस चिह्नपर है। दोनोंका अन्तर दवातका आयतन होगा। तीन बार ऐसा ही करो और उत्तरोंकी औसत निकालो। उत्तरोंको इस तरह लिखो—

पहली बार—

ब्यूरटका दूसरा चिह्न.........घन सें० मी०

" पहला चिह्न.........घन सें० मी०

दवातका आयतन.........................घन सें० मी०

दूसरी बार—

ब्यूरटका दूसरा चिह्न.........घन सें० मी०

" पहला चिह्न............ "

.............................घन सें० मी०

विन्दु पहुंच जाता है तब समझते हैं कि इसमें उतना घन
मी० द्रव भर गया है जो कुप्पीपर लिखा रहता है।

सेंटीमीटरवाली कुप्पीको लीटर-कुप्पी (
flask) कहते हैं, ५०० घ० सें० मी०
कुप्पीको अर्द्ध-लीटर कुप्पी इत्यादि।
घन सेंटीमीटरका नाम
है (देखो चित्र २२)।

चित्र २२

ब्रिटिश राज्यमें द्रव नापनेकेलिए
quart, gallon) पैन्ट, कार्ट और गैलन
काममें लाये जाते हैं। एक
कार्टके बराबर होता है और एक
पैन्टके।

इन बरतनोंपर 25° C (२५° श) क्यों लिखा रहता है।

गरमीसे सभी चीज़ें बढ़ती हैं और सरदीसे
हैं। इसकी परीक्षा सब कोई कर सकता है।
कटोरीमें पानी भरकर आगपर रखदो।
पानी गरम होकर बढ़ेगा तब आगमें गिरकर आगको
देगा। दूधका उफनना सबको मालूम है, यह भी
होता है। किसी पदार्थके घनफल और तोलमें
होता है। एक लीटर गरम और एक लीटर ठंडा पानी
जाय तो यह प्रकट हो जायगा कि गरम पानी
२५° श का चिह्न एक विशेष गरमीको
नापनेवालेको मालूम रहे कि इसमें भरा हुआ द्रव
गरमी में विशेष तोलका होता है। यह
पढ़नेपर पूरी तरह समझमें आ

वस्तु उसमें डूब जाय। पानी भर चुकनेपर पानी-तलका चिह्न लिख लो; नपनेको झुकाकर ठोसको धीरेसे लुढ़का दो। याद रखो कि पानी उछलकर बाहर न निकल पड़े। नपनेके झुकानेमें दो बातोंका लाभ होता है–(१) घटके टूटनेका डर नहीं रहता और (२) पानी उछलकर बाहर नहीं जा पहुंचता। यदि ठोसमें हवाके बुलबुले इधर उधर चिपके हों तो नपना हिला देनेसे निकल जायंगे। इसपर भी न निकलें तो शीशेके क़लमसे उनको छुड़ा दो। जब सब बुलबुले निकल जायँ पानी-तलका चिह्न फिर लिख लो। इन दोनोंका अन्तर उस ठोस-का घनफल होगा, क्योंकि यह उठे हुए पानीका घनफल है और पानी उतना ही उठेगा जितना हटानेवाले ठोसका घनफल है।

(२) वस्तु बहुत छोटी हो तो ब्यूरट लेकर उसका आयतन ऊपरवाली रीतिसे निकालो।

(३) यदि वस्तु बहुत बड़ी हो तो यह युक्ति करो—

एक ऐसा बर्तन लो जिसमें वह वस्तु ऐसी रखी जा सके कि पानी भरनेपर बिलकुल डूब जाय। उस बर्तनका आयतन कही हुई विधिके अनुसार मालूम कर लो। वस्तुको बर्तनमें रखकर देखो अब कितना पानी छोड़नेसे बर्तन भर जाता है। बर्तनके आयतनमेंसे इस पानीका घनफल घटाओ। अन्तर उस वस्तुका घनफल होगा।

प्रयोग १७—पानीमें तैरनेवाली ठोस वस्तुका घनफल निकालना।

(१) नपना घटमें इतना पानी भरो कि वस्तु डूब सके। पानीतलका चिह्न पढ़कर वस्तुको नपनेमें छोड़ दो और एक लम्बी सुईसे उसे पानीमें दबाकर डुबो दो, हवाके बुलबुलोंको

तीसरी बार—

ब्यूरटका दूसरा चिह्न........घन सॅ० मी०

" पहला चिह्न......... .. "

दवातका आयतन.........................घन

तीनों उत्तरोंकी औसत.........................घन सॅ० मी०

नोट — यदि निचले निशानतक ब्यूरटमें पानी आ जाय और दवात न भरे तो फिर पानी भरकर इसी प्रकार छोड़ो, जब दवात भर जाय तब फिर पढ़कर जोड़ लो। पाठोंके सारे प्रयोगोंको तीन तीन बार करके उनकी शुद्धता जांचनी होगी।

प्रयोग १४—किसी बहुत बड़े बर्तनका आयतन नापना।

लीटर-नपना या लीटर-कुप्पीसे पानी भर भर कर बर्तनमें छोड़ो। जब बर्तन भर जाय और अन्तिम बार नपनेमें कुछ पानी रह जाय तब इस पानीको नपना घटमें नाप लो। मान लो बारहवीं बार नपनेमें ३५० घन सॅ० मी० पानी बच गया जिस समय बड़ा बर्तन भर चुका। कुल पानी १२×१००० घ० सॅ० मी० लिया गया जिसमेंसे ३५० घ० सॅ० मी० पानी बच गया। इसलिए बर्तनका आयतन १२×१०००-३५० घ० सॅ० मी० अर्थात् ११६५० घ० सॅ० मी० है।

प्रयोग १५—ब्रिटिश और मेट्रिक नपनोंका सम्बन्ध जांचना।

पैन्ट नपना लेकर उसके निशानतक नपना घटसे पानी भरकर छोड़ो और प्रयोग १४ के अनुसार हिसाब लगाओ।

प्रयोग १६—पानीमें डूब जानेवाले ठोसका घनफल मालूम करना।

(१) एक ऐसा नपना-घट लो जिसमें यह आसानीसे जा सके। नपनेमें इतना पानी भर लो कि

स्तु उसमें डूब जाय। पानी भर चुकनेपर पानी-नलका चिह्न
लिख लो; नपनेको झुकाकर ठोसको धीरेसे लुढ़का दो। याद
रखो कि पानी उछलकर बाहर न निकल पड़े। नपनेके
ानेमें दो बातोंका लाभ होता है-(१) घटके टूटनेका डर
ीं रहता और (२) पानी उछलकर बाहर नहीं आ पहुंचता।
द ठोसमें हवाके बुलबुले इधर उधर चिपके हों तो नपना
ला देनेसे निकल जायंगे। इसपर भी न निकलें तो शीशेके
समसे उनको छुड़ा दो। जब सब बुलबुले निकल आयें पानी-
लका चिह्न फिर लिख लो। इन दोनोंका अन्तर उस ठोस-
ा घनफल होगा, क्योंकि यह उठे हुए पानीका घनफल है
र पानी उतना ही उठेगा जितना हटानेवाले ठोसका
नफल है।

(२) वस्तु बहुत छोटी हो तो ब्यूरट लेकर उसका
ायतन ऊपरवाली रीतिसे निकालो।

(३) यदि वस्तु बहुत बड़ी हो तो यह युक्ति करो—

एक ऐसा बर्तन लो जिसमें यह वस्तु ऐसी रक्खी जा सके
कि पानी भरनेपर बिलकुल डूब जाय। उस बर्तनका आयतन
ऊपर दी हुई विधिके अनुसार मालूम कर लो। वस्तुको बर्तनमें
रखकर देखो अब कितना पानी छोड़नेसे बर्तन भर जाता है।
बर्तनके आयतनमेंसे इस पानीका घनफल घटाओ। अन्तर
उस वस्तुका घनफल होगा।

प्रयोग १७—पानीमें तैरनेवाली ठोस वस्तुका घनफल निकालना।

घुड़ाकर पानीतलके चिह्नको फिर पढ़ो। दोनों चिह्नोंका अंतर वस्तुके घनफलके बरावर होगा।

(२) वस्तु बहुत छोटी हो तो ब्यूरटसे इसी प्रकार आयतन निकालो।

(३) एक ऐसा डूबनेवाला ठोस लो जो तैरनेवाले ठोसको भी डुबा सके। पहले डूबनेवाले ठोसका घनफल निकालो, फिर दोनोंको डोरेसे बांधकर एक साथ घनफल निकालो। दोनोंके घनफलमेंसे डूबनेवाले का घनफल घटा देनेसे उतराने वालेका घनफल निकल आएगा। इसको यों लिखो—

डुबाने और तैरनेवालेका मिलाकर घनफल = घ० सें० मी०
केवल डुबानेवालेका घनफल = "

∴ तैरनेवालेका घनफल = "

प्रयोग १८—सुईका, या सीसेके छर्रोका, घनफल नापना।

एक सुई या एक गोली या छर्रेका घनफल निकालनेमें बहुत बड़ी अशुद्धि होनेका डर है। इसलिए ३०,४०,५० या ६० ऐसी सुइयों या छर्रोंको चुने कि प्रत्येकका घनफल देखनेमें प्रायः एकसा हो। सबका घनफल ब्यूरटद्वारा एक साथ निकालकर जितनी सुइयां या छर्रे हों उनकी संख्यासे भाग दे दे तो एक सुई या छर्रेका घनफल निकल आएगा।

यहां यह बतला देना उचित जान पड़ता है कि छोटी वस्तुओंके नापने जोखने में बड़ी सावधानीकी आवश्यकता पड़ती है क्योंकि इसमें ज़रासी भी गलती हो जानेसे उत्तर में बहुत कुछ अंतर पड़ जाता है। इसलिए जहांतक हो सके छोटी चीजोंको बड़े नपनोंसे नापनेकेलिए उसी प्रकारकी

ा सी चीज़ें लेकर नापे और तब एककी नाप निकाले। यात एक उदाहरणसे स्पष्ट हो जायगी:—

मान लो ब्यूरटद्वारा एक सुईका आयतन निकालना है। टमें दसवें घन सेंटीमीटरतकके चिह्न बने रहते हैं तु बीसवें घन सेंटीमीटर तक पढ़ा जा सकता है। मान लो का आयतन यथार्थ में ·०७ घन सेंटीमीटर है, किन्तु पढ़ा ा है ·१ घन सेंटीमीटर अथवा ·०५ घन सेंटीमीटर। इस द या तो ·०३ घ० सें० मी० की अशुद्धि पड़ती है या ·०२ सें० मी० की।

पहली अशुद्धिसे प्रति सैकड़ा $\frac{\cdot03\times100}{\cdot07}$ या ४३ की अशुद्धि

ी है, और दूसरी अशुद्धिसे " $\frac{\cdot02\times100}{\cdot07}$ या २८·६ " "।

परन्तु यदि ६० सुइयोंका एक साथ घनफल निकाला प तो ब्यूरटसे उनका घनफल या तो ४·२५ या ४·१५ घनसेंटी टर पढ़ा जायगा जब कि यथार्थमें उनका घनफल ४२ घ० ़ मी० है। इस तरह ६० सुइयोंके घनफलमें ·०५ की ुद्धि हुई और १ सुईके घनफलमें $\frac{\cdot05}{60}$ या ·०००८३ घन ० मी० की अशुद्धि हुई। इसलिए

प्रति सैकड़ा $\frac{\cdot00083\times100}{\cdot07}$ या $\frac{\cdot083}{\cdot07}$ या $\frac{8\cdot3}{7}$ या १·२ की शुद्धि हुई।

प्रयोग १६—घन सेंटीमीटर और घन इंचका सम्बन्ध जानना।

यों तो गुरुसे जाना जा सकता है कि १ घन इंच २·५४ × २·५४ × २·५४ घन सेंटीमीटर, क्योंकि एक इंच-

घनका प्रति किनारा २·५४ सेंटीमीटरके बराबर होता है। परन्तु प्रयोगद्वारा जाननेकेलिए इतना देख लेना बस है कि एक इंच-घन कितना घन- सेंटीमीटर पानी हटाता है। यदि और शुद्धता चाहते हो तो एक इंच-घनके स्थानमें एक ऐसा आयताकार ठोस लो जिसका घनफल कई घन इंच हो। जितना घन सेंटीमीटर पानी यह ठोस हटाये उसको उस ठोसके घनफलके घनइंचोंके अङ्कसे भाग देदो। भजनफलका अंक उतने घन सेंटीमीटरोंकी संख्या होगी जो एक घन इंचके बराबर हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न-६

१—एक सन्दूक २५ सें० मी० लम्बी, १२ सें० मी० चौड़ी और १० सें० मी० गहरी है। इसका आयतन लीटरोंमें निकालो।

२—दो डेसीलीटरोंमें कितने सेंटीमीटर शामिल हैं?

३—एक घन इंचमें कितने घन मिलीमीटर होते हैं?

४—सोनेके कमरेमें प्रत्येक मनुष्यकेलिए ६०० घनफुट हवाकी आवश्यकता पड़ती है। यदि कमरेकी भीतरी लम्बाई १० गज़ और चौड़ाई ६ गज़ रखी जाय तो कमरा कितना ऊंचा करना चाहिए जिसमें ५ मनुष्योंके सोनेको आवश्यक हवा मिलती रहे।

५—एक बर्तनमें ८० लीटर पानी भरा हुआ है। एक कुटुम्बमें ५ मनुष्य रहते हैं, यदि प्रत्येक मनुष्य प्रति दिन $३\frac{१}{२}$ पैन्ट पानी व्यवहारमें लाते रहें तो यह पानी कितने दिन तक चलेगा? ($१ \text{ लीटर} = १\frac{३}{४}$ पैन्ट)

बेलनका घनफल

∵ आयताकार ठोसका घनफल = ल × च × उ

५—बेलन, सूची आदिका घनफल

बेलनका घनफल

∵ आयताकार ठोसका घनफल = ल × च × उ

जहाँ ल = ठोसकी लम्बाई, च = ठोसकी चौड़ाई और उ = ठोसकी ऊंचाई।

परन्तु उस ठोसके लम्बे चौड़े तलका क्षेत्रफल = ल × च, इसलिए उसका घनफल = लम्बे चौड़े तलका क्षेत्रफल × उ, और यह उ दोनों लम्बे चौड़े तलोंकी दूरी है। इसलिए आयताकार ठोसका घन-फल निकालनेकेलिए उसके किसी तलके क्षेत्रफलको सामनेवाले तलकी दूरीसे गुणा कर दो। गुणनफल, ठोसका घनफल होगा।

किसी बेलनको (cylinder) देखनेसे मालूम होता है कि उसके दो सिरे समान क्षेत्रफलके और आमने सामने होते हैं; इसलिए इसका घनफल भी किसी एक सिरेके क्षेत्रफलको दूसरे सिरेकी दूरीसे गुणा करनेसे मालूम हो जायगा।

इसका सिरा गोल होता है इसलिए उसका क्षेत्रफल = π (त्र)^{2} जहां त्र सिरेका अर्द्धव्यास है। यदि उ बेलनके सिरोंकी दूरी अर्थात् बेलनकी ऊंचाई मान लो जाय तो बेलनका घनफल = उ × π (त्र)^{2} = उ × π × त्र^{2}। यही बेलनके घनफल निकालनेका गुर होना चाहिए।

नोट—आयताकार, घनाकार और बेलनके आकार इत्यादिका ठीक ठीक बनाना जिससे चारों ओर एक ही नाप उतरे बड़ा कठिन काम है जिससे इनका दाम बहुत बड़ा हुआ रहता है और साधारण कारखानोंमें इनका

बनाना भी असम्भव है। इसलिए मामूली ही ढोलोंसे काम लेना पड़ता है। अशुद्धिको कम करनेकेलिए एक ही नाप कई स्थानोंमें लेनी चाहिए। जैसे कम ऊपर, नीचे और बीचमें तीन नाप अवश्य लेकर उनकी औसत निकालो और इसी औसतको शुद्ध नाप समझो।

प्रयोग २०—एक बेलनका घनफल नापकर निकालना।

मीटर रूलसे औसत ऊंचाई और कैलीपरसे औसत व्यास नापकर लिखो और गुरुके सहारे घनफल निकाल लो।

प्रयोग २१—प्रयोग २० वाले बेलनके घनफलकी शुद्धता जांचना।

यदि बेलन धातुका हो तो प्रयोग १६ की किसी रीतिके अनुसार और उतरानेवाले पदार्थका हो तो प्रयोग १७ की किसी रीतिसे जिसमें सुभीता पड़े, घनफल निकालो और देखो, दोनोंमें कितना अन्तर पड़ता है।

इन दोनों प्रयोगोंमें शुद्ध नापनेकी कठिनाइयोंके कारण कुछ अशुद्धि रह जाती है। इसी अवगुणको कम करनेकेलिए नीचे लिखी रीतिसे भी घनफल निकालते हैं।

प्रयोग २२—उसी बेलनका घनफल तौलकर निकालना।

पहले एक ऐसा आयताकार या घनाकार टुकड़ा उस पदार्थका लो जिसका बेलन बना हुआ हो। इसका घनफल औसत लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई नापकर मालूम कर लो। इसको तौल लो और घनफलकी इकाइयोंकी संख्यासे तौलको भाग दे दो जिससे एक घन सेंटीमीटर पदार्थकी तौल मालूम हो जायगी। बेलनको तौलकर एक घन सेंटीमीटरकी तौलसे भाग दे दो, यही बेलनका घनफल होगा। नापोंको इस प्रकार लिखो :—

आयताकार वस्तुकी औसत लम्बाई = ... सेंटीमीटर
" " चौड़ाई = ... "
" " ऊंचाई = ... "
∴ " का घनफल = ... घ० सेंटीमीटर
आयताकार वस्तुकी तौल = ... ग्राम
∴ १ घन सें० मी० पदार्थकी तौल

$$= \frac{\text{आयताकार वस्तुकी तौल}}{\text{आयताकार वस्तुके घनफलकी संख्या}} = \dots \text{ ग्राम}$$

बेलनकी तौल = ... ग्राम

$$\therefore \text{ बेलनका घनफल} = \frac{\text{बेलनकी तौल}}{\text{१ घन सें० मी० पदार्थकी तौल}}$$

= ... घन सें० मी०

तीन बारकी औसत निकालो।

और अधिक शुद्धता चाहते हो तो बेलनकी तौलको उस पदार्थके गुरुत्वसे भाग दो। इस गुरुत्वका अंक किसी अच्छी वैज्ञानिक पुस्तकसे लो। आगे चलकर यह भी बतलाया जायगा कि और आसानीसे किसी वस्तुका घनफल कैसे निकाला जाता है।

उदाहरण १—एक बेलनकी लम्बाई ४ फुट और उसका अर्द्धव्यास $1\frac{1}{2}$ फुट है; उसका घनफल कितना होगा?

$$घ = \pi \times ब^2 \times ङ$$

जहां घ बेलनका घनफल, ब व्यासार्द्ध और ङ उसकी ऊंचाई अथवा लम्बाई है। इसलिए—

चलाना भी असम्भव है। इसलिए मामूली ही ठोसोंसे काम लेना पड़ता। अशुद्धिको कम करनेकेलिए एक ही नाप कई स्थानोंमें लेनी चाहिए। कम कम ऊपर, नीचे और बीचमें तीन नाप अवश्य लेकर उनकी औसत निक और इसी औसतको शुद्ध नाप समझे।

प्रयोग २०—एक बेलनका घनफल नापकर निकालना।

मीटर रूलसे औसत ऊंचाई और कैलीपरसे औसत व्यास नापकर लिखो और गुरुके सहारे घनफल निकाल लो।

प्रयोग २१—प्रयोग २० वाले बेलनके घनफलकी शुद्धता जा

यदि बेलन धातुका हो तो प्रयोग १६ की किसी रीति अनुसार और उतरानेवाले पदार्थका हो तो प्रयोग १ किसी रीतिसे जिसमें सुभीता पड़े, घनफल निकालो देखो, दोनोंमें कितना अन्तर पड़ता है।

इन दोनों प्रयोगोंमें शुद्ध नापनेकी कठिनाइयोंके कारण अशुद्धि रह जाती है। इसी अवगुणको कम करनेकेलिए लिखी रीतिसे भी घनफल निकालते हैं।

प्रयोग २२—उसी बेलनका घनफल तोलकर निकालना।

पहले एक ऐसा आयताकार वा घनाकार टुकड़ा पदार्थका लो जिसका बेलन बना हुआ हो। इसका औसत लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई नापकर मालूम कर इसको तोल लो और घनफलकी इकाइयोंकी संख्यासे तोल भाग दे दो जिससे एक घन सेंटीमीटर पदार्थकी तोल हो जायगी। बेलनको तोलकर एक घन सेंटीमीटरकी तोल भाग दे दो, यही बेलनका घनफल होगा। नापोंको इस लिखो :—

बनाना भी असम्भव है। इसलिए मामूली ही ठोसोंसे काम लेना चाहिए। अशुद्धिको कम करनेकेलिए एक ही नाप कई स्थानोंमें लेनी चाहिए। कम ऊपर, नीचे और बीचमें तीन नाप अवश्य लेकर उनकी औसत और इसी औसतको शुद्ध नाप समझे।

प्रयोग २०—एक बेलनका घनफल नापकर निकालना।

मीटर रूलसे औसत ऊंचाई और कैलीपरसे औसत व्यास नापकर लिखो और गुरके सहारे घनफल निकाल लो।

प्रयोग २१—प्रयोग २० वाले बेलनके घनफलकी शुद्धता जांच।

यदि बेलन धातुका हो तो प्रयोग १६ की किसी रीतिके अनुसार और उतरानेवाले पदार्थका हो तो प्रयोग १७ की किसी रीतिसे जिसमें सुभीता पड़े, घनफल निकालो और देखो, दोनोंमें कितना अन्तर पड़ता है।

इन दोनों प्रयोगोंमें शुद्ध नापनेकी कठिनाइयोंके कारण अशुद्धि रह जाती है। इसी अवगुणको कम करनेकेलिए नीचे लिखी रीतिसे भी घनफल निकालते हैं।

प्रयोग २२—उसी बेलनका घनफल तौलकर निकालना।

पहले एक ऐसा आयताकार या घनाकार टुकड़ा उसी पदार्थका लो जिसका बेलन बना हुआ हो। इसका औसत लम्बाई, चौड़ाई और ऊंचाई नापकर मालूम करो। इसको तौल लो और घनफलकी इकाइयोंकी संख्यासे भाग दे दो जिससे एक घन सेंटीमीटर पदार्थकी तौल हो जायगी। बेलनको तौलकर एक घन सेंटीमीटरकी तौलसे भाग दे दो, यही बेलनका घनफल होगा। नापोंको इस प्रकार लिखो :—

$$घ = \pi \times \left(१\tfrac{१}{२}\right)^{२} \times ५ \text{ घन फुट}$$

$$= ३\text{·}१४ \times \tfrac{९}{४} \times ५ \text{ घन फुट}$$

$$= \tfrac{१४१\text{·}३}{४} \text{ घन फुट}$$

$$= ३५\text{·}३२५ \text{ घन फुट}$$

उदाहरण २—एक गोल कुंडकी गहराई १० फुट और गोलाई ३७·६८ फुट है। इसमें कितना घन फुट पानी भरा जा सकता है और यदि एक घन फुट पानीकी तौल ३१·२५ सेर हो तो भरे हुए पानीकी तौल कितनी है?

कुंडकी गोलाई = ३७·६८ फुट

$$\therefore \text{ उसका अर्द्धव्यास} = \frac{३७\text{·}६८}{२\pi} \text{ फुट}$$

$$= \frac{३७\text{·}६८}{२ \times ३\text{·}१४} \text{ फुट}$$

$$= ६ \text{ फुट}$$

$$\text{कुंडका घनफल} = \pi \times ६^{२} \times १० \text{ घन फुट}$$

$$= ३\text{·}१४ \times ३६ \times १० \text{ घन फुट}$$

$$= ११३०\text{·}४ \text{ घन फुट}$$

एक घनफुट पानीकी तौल ३१·२५ सेर है, इसलिए
पानीकी तौल = ११३०·४ × ३१·२५ सेर = ३५३२५ सेर

अभ्यासार्थ प्रश्न–१०

(१) एक बेलनका व्यास १४·४ सें० मीटर और ऊंचाई २० सें० मीटर है तो उसका घनफल बताओ।

(१) $\frac{\text{वृत्तसूचीका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}}$ =

(२) $\frac{\text{गोलेका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}}$ =

यदि नापनेमें असावधानी न हुई होगी तो वृत्तसूचीके आयतनको बेलनके आयतनसे भाग देनेपर $\frac{1}{3}$ और गोलेके आयतनको बेलनके आयतनसे भाग देनेपर $\frac{2}{3}$ आवेगा।

यदि एक ऐसा बेलन लेना हो जिसकी भीतरी ऊंचाई और व्यास वृत्तसूची और गोलेकी ऊंचाई और व्यासके बराबर हो तो प्रयोगसे भी इन सम्बन्धोंकी शुद्धताकी जाँच की जा सकती है। इसकेलिए नीचेवाला प्रयोग करो।

प्रयोग २४—वृत्तसूची, गोला और बेलनका सम्बन्ध प्रयोगसे बताना। -

पहले देखो, बेलनमें कितना पानी भरा जा सकता है। यही बेलनका आयतन होगा। पानी निकालकर बेलनको सुखा लो और वृत्तसूची बेलनके भीतर रखकर देखो अब कितने पानीसे बेलन भर जाता है और वृत्तसूची डूबी रहती है। पानीके इस आयतनको बेलनके आयतनसे घटानेपर वृत्तसूचीका आयतन मालूम होगा।

इसी तरह गोलेको भी बेलनके भीतर रखकर और पानी भरकर गोलेका आयतन निकालो।

नापोंको इस तरह लिखो—

वृत्तसूचीका घनफल बेलनके घनफलका तिहाई होता है, जब वृत्तसूचीकी ऊंचाई और उसके आधारका व्यास क्रमसे बेलनकी ऊंचाई और व्यासके बराबर हों।

$$\therefore \text{वृत्तसूचीका घनफल} = \frac{१}{३} \times \pi \text{ अ}^{२} \times \text{उ} \ldots (१)$$

परन्तु बेलन, गोले और वृत्तसूचीकी ऊँचाइयां समान हैं और गोलेकी ऊँचाई और व्यास बराबर हैं, इसलिए उ = २ अ और

$$\text{गोलेका घनफल} = \frac{२}{३} \times \pi \times \text{अ}^{२} \times २\text{अ} = \frac{४}{३} \times \pi \text{ अ}^{३}$$

यदि वृत्तसूचीकी ऊंचाई आधारके व्यासके समान न हो तो गुर यह होगा, $\underline{\text{वृत्तसूचीका घनफल} = \frac{१}{३} \times \pi \text{ अ}^{२} \times \text{उ}}$

(देखो गुर (१))

उदाहरण (१)—वृत्त-सूचीके आधारका व्यास ५ फुट है और ऊंचाई १२ फुट, तो उसका घनफल क्या है?

$$\text{घ} = \frac{१}{३} \pi \text{ अ}^{२} \text{ उ}$$

जहां घ = वृत्त-सूचीका घनफल,
अ = ,, व्यासार्द्ध
उ = ,, की ऊंचाई.

∴ दी हुई वृत्त-सूचीका घनफल

$$= \frac{१}{३} \times ३{\cdot}१४ \times (२{\cdot}५)^{२} \times १२$$

$$= ७८{\cdot}५ \text{ घनफुट}$$

(२)—एक गोलेका व्यास ४ इंच है तो उसका घनफल कितना है?

बेलनको पानीसे भर देनेपर ब्यूरटका चिन्ह = ...घ० सें० मी०
" " भरनेके पहले " = ...घ० सें०मी०

(१) ∴ बेलनका आयतन = ...घन सें०मी०

वृत्तसूचीको बेलनमें रखकर और पानीसे भरदेनेपर
ब्यूरटका चिन्ह = ...घ०सें० मी०

वृत्तसूचीको बेलनमें रखकर और पानीसे
भरनेके पहले ब्यूरट का चिन्ह = ...घ०सें० मी०

(२) ∴ वृत्तसूचीके रहते हुए जितने
पानीसे बेलन भर जाता है वह = ...घ०सें० मी०

∴ वृत्तसूचीका आयतन = (१)—(२)

इसी तरह गोलेका भी आयतन निकालो।

यदि यह उतरानेवाले पदार्थके हों तो आलपीनसे १.
डुबा रखना चाहिए। इनसे भी वही सम्बन्ध निकलेगा
तोलकर आया है अर्थात्

$$\frac{\text{वृत्तसूचीका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} = \frac{१}{३}$$

$$\frac{\text{गोलेका आयतन}}{\text{बेलनका आयतन}} = \frac{२}{३}$$

वृत्तसूची, और गोलोंके घनफल निकालनेके गुर

यह दिखलाया जा चुका है कि,

$$घ = \pi\, अ^2 \times उ$$

जहाँ घ = बेलनका घनफल, अ = बेलनका व्यासार्ध
और उ = बेलनकी ऊँचाई।

अभ्यासार्थ प्रश्न—११

(१) एक लकड़ीकी बनी हुई वृत्त-सूचीके आधारका व्यास १ फुट और उसकी ऊंचाई ६ फुट है। यदि १ घनफुट लकड़ीकी तौल १२ सेर हो तो सूचीकी तौल क्या होगी ?

(२) एक गोलाले गोलेका व्यास १४ इंच है और मोटाई १ इंच, इसमें कितने घन इंच धातु लगी हुई है ?

(३) एक बेलनाकार धवरहरा ६० हाथ ऊंचा और १० हाथ व्यासमें है। इसके सिरेपर एक अर्द्ध-गोलाकार गुम्बद है जिसका व्यास भी धवरहराके व्यासके बराबर है। इस धवरहरामें कितनी हवा है ?

(४) एक ८ इंच व्यासका गोला एक खोखले बेलनमें ठीक अँट जाता है और बेलनके सिरेके समतल रहता है, कितने पानीमे बेलनका खाली स्थान बिलकुल भर जायगा ?

(५) ८ सें० मी० लम्बे, ६ सें० मी० चौड़े और ५ सें० मी० मोटे ताम्बेके टुकड़ेमें ३ सें० मी० व्यासवाला अर्द्ध-गोलाकार छेद खराद गया। कुल टुकड़ेका कौनसा भाग निकल गया ?

(६) एक वृत्त-सूची, एक गोलार्द्ध और एक बेलनके आधार और ऊंचाई समान हैं। इनके घनफलका एक दूसरेसे क्या सम्बन्ध है ?

(७) एक शिवालय कुछ ऊंचाईतक बेलनके आकारका बना हुआ है, उसके ऊपर वृत्त-सूचीके आकारका है। यदि वृत्त-सूचीकी ऊंचाई कुल ऊंचाईका $\frac{1}{2}$ हो और शिवालयकी गोलाई कुल ऊंचाईका $\frac{1}{3}$ तो शिवालयका भीतरी आयतन क्या है जब उसका व्यास ३ गज़ है ?

(८) पृथ्वीका व्यास ८००० मील है तो यह कितना स्थान घेरे हुए है ?

(९) एक वृत्त-सूचीमेंसे जिसके आधारका व्यास ५ इंच है और ऊंचाई ८ इंच एक दूसरी वृत्त-सूची ३ इंच ऊंची ऊपरसे निकाल ली गयी तो बची

$$घ = \frac{४}{३}\ \pi\ त्र^{३}$$

जहां घ = गोलेका घनफल

त्र = " व्यासार्द्ध

$\therefore$ दिये हुए गोलेका घनफल $= \frac{३}{४} \times ३.१४ \times २^{३}$ घन इंच

$= \frac{१}{३} \times ३.१४ \times ३२$ घन इंच

$= ३३.४९$ घन इंच

(३) पीतलके एक ठोस बेलनके एक सिरेपर एक वृत्त-सूची खड़ी [illegible] है जिसके आधारका व्यास बेलनके व्यासके समान है। यदि सूचीकी नोक[illegible] बेलनके दूसरे सिरेतककी ऊंचाई ८ इंच हो और बेलनकी ऊंचाई ५ [illegible] तो उस कुलका घनफल क्या होगा? बेलनके सिरेका व्यास २ इंच है।

कुलका घनफल = वृत्त सूचीका घनफल + बेलनका घनफल

वृत्त-सूचीकी ऊंचाई = ८ − ५ इंच = ३ इंच

और उसके आधारका व्यास = २ इंच,

$\therefore$ वृत्त-सूचीका घनफल $= \frac{१}{३} \times \pi \times १^{२} \times ३$ घन इंच

$= \frac{१}{३} \times ३.१४ \times ३$ घन इंच

$= ३.१४$ घन इंच।

बेलनकी ऊंचाई = ५ इंच, व्यास = २ इंच

$\therefore$ बेलनका घनफल $= \pi \times \left(\frac{२}{२}\right)^{२} \times ५$ घन इंच

$= ३.१४ \times ५$ घन इंच

$= १५.७$ घन इंच।

$\therefore$ कुलका घनफल $= ३.१४ + १५.७$ घन इंच

$= १८.८४$ घन इंच

प्रयोग २५—पतली कांचकी नलीका व्यास नापना।

नलीका एक मुँह मोम, काग या आंचसे बन्द कर दो। यदि आँचसे बन्द करो तो ख़ूब ठंडा करनेके बाद पानी छोड़ो। नलीमें दो चिह्न ३, ४ इंचकी दूरीपर बनाओ और इसको ठीक सीधी खड़ी करो।

पहले नीचेवाले चिह्नतक पानी (ब्यूरटसे) भरो, ब्यूरटके जिस चिह्नपर पानी हो उसको नोट-बुकमें लिख लो। फिर बड़ी सावधानीसे दूसरे चिह्न-तक पानी भरो और ब्यूरटमें पानी-तलके चिह्नको लिख लो। इन दोनोंका अन्तर उस पानीका घनफल होगा जो नलीके दोनों चिह्नोंके बीचमें अँटता है।

इसी प्रकार तीन बार इन दोनों चिह्नोंके बीचका घन-फल निकालो। इस घनफलको दोनों चिह्नोंके बीचकी दूरीसे भाग देनेपर नलीके (cross section) मध्य-च्छेद-का क्षेत्रफल निकल आवेगा। फिर तो मध्य-च्छेदका व्यास निकालना कुछ कठिन नहीं है।

प्रयोग २६—किसी पतले तारका व्यास नापना।

एक मीटरके लगभग लम्बा तार लेकर उसकी लम्बाई सावधानीसे नाप लो। इसको मोड़कर ब्यूरटमें छोड़ो और देखो कितना पानी हटता है। बाक़ी बातें प्रयोग २५ के अनुसार करो।

हुई छिन्न-शिरा वृत्त-सूचीका (the frustum of the cone) घनफल क्या होगा यदि इसका ऊपरी व्यास १ $\frac{३}{८}$ इंच है ?

तिपहल और ऋजु-भुज-सूचीका घनफल

जिस प्रकार बेलनके घनफल निकालनेका गुर निकाला गया है उसी भांति किसी (right prism) सम तिपहल, चौपहल, पँचपहल, षटपहल इत्यादिके घनफल निकालनेकी रीति समझायी जा सकती है, अर्थात् इन सबके किसी सिरे (आधार) क्षेत्रफलको दूसरे सिरेकी दूरीसे गुणा करो यही घन फल होगा।

इसकी सत्यता प्रयोग द्वारा यों जांचो। पहले नापकर आधारका क्षेत्रफल निकालो फिर ऊँचाई नापकर क्षेत्रफल को ऊँचाईसे गुणा करो।

नपना घटके द्वारा देखो कि उसके डुबोनेसे कितना पानी ऊपर उठता है।

ऋजु-भुज-सूचीके (Pyramid) घनफल निकालनेका गुर—

$$\text{वृत्त-सूचीका घनफल} = \frac{१}{३} \times \pi \text{ अ}^२ \times \text{उ}$$

जहां अ वृत्तसूचीका व्यासार्द्ध है और उ उसकी ऊँचाई।

$$\text{वृत्त सूचीके आधारका क्षेत्रफल} = \pi \text{ अ}^२$$

$$\therefore \text{वृत्त सूचीका घनफल} = \frac{१}{३} \times \text{उ} \times \text{आधारका क्षेत्रफल}$$

ऋजु-भुज-सूचीका आधार त्रिभुज, चतुर्भुज, पंचभुज इत्यादि होता है। इसलिए इसका घनफल $= \frac{१}{३} \times$ उ $\times$ ऋजु भुजके आधारका क्षेत्रफल।

किलोग्रामके हज़ारवें भागको ग्राम कहते हैं, इसलिए यह स्पष्ट है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा उस विशेष तापक्रमपर एक ग्राम होती है। छोटी बड़ी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है—

१ मिलीग्राम (milligram) = $\frac{१}{१०००}$ ग्राम या ·००१ ग्राम

१ सेंटीग्राम (centigram) = $\frac{१}{१००}$ ग्राम या ·०१ ग्राम

१ डेसीग्राम (decigram) = $\frac{१}{१०}$ ग्राम या ·१ ग्राम

१ डीकाग्राम (Decagram) = १० ग्राम

१ हेक्टोग्राम (Hectogram) = १०० ग्राम

१ किलोग्राम (Kilogram) = १००० ग्राम

भारकी नाप

यह सभी जानते हैं कि जब कोई वस्तु ऊपरसे छोड़ दी जाती है तब वह पृथ्वीपर गिर पड़ती है अर्थात् उसको पृथ्वी खींच लेती है। जिस बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको खींच लेती है उसको आकर्षण-शक्ति (force of attraction) अथवा गुरुत्वाकर्षण (gravitation) कहते हैं। जितने बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको अपनी ओर अथवा अपने केन्द्रकी ओर खींचती है उसको उस वस्तुका भार कहते हैं। जो वस्तु किसी दूसरी वस्तुपर ठहरी हुई है उसमें भी भार होता है, अर्थात् उसको भी पृथ्वी खींच रही है। उसके न गिरनेका कारण यह दूसरी वस्तु है जो उसको थामे हुए है, जिससे यह स्वयम् दबी जा रही है। उदाहरणार्थ, जब कोई वस्तु

६—मात्रा और भार

मात्राकी नाप

किसी वस्तुके पदार्थमात्रको उस वस्तुकी (mass) मा
कहते हैं। किसी वस्तुकी मात्रा कहनेसे उस वस्तुके पदार्थ
परिमाणका बोध होता है। जब कहते हैं कि अंगूठीमें सोने
मात्रा कम है तब तात्पर्य्य यही होता है कि अंगूठी जिस
पदार्थकी बनी हुई है वह अर्थात् सोना कम है।

जैसे लम्बाई, क्षेत्रफल, आयतन इत्यादिके नापनेकी
इकाइयां होती हैं वैसे ही मात्राके नापनेकी भी इकाइयां होती
हैं। ब्रिटिश राज्यमें जहाँ लम्बाईकी इकाई बड़ी सावधानीसे
रखी हुई है वहीं (unit of mass) मात्राकी इकाई भी रखी हुई
है। यह प्लेटिनमके एक टुकड़ेकी मात्रा है जो एक विशेष ताप
क्रमपर बड़ी सावधानीसे रखा रहता है। इस इकाईका
नाम (pound or lb.) पौंड है। छोटी और बड़ी ब्रिटिश
मात्राकी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है:—

१६ ड्राम	=	१ औंस
१६ औंस	=	१ पौंड
१४ पौंड	=	१ स्टोन

इत्यादि

मात्राकी मेट्रिक इकाईका (Metric unit of mass)
नाम किलोग्राम (kilogram) है। यह प्लेटिनमके एक टुकड़ेकी
मात्रा है जो बड़ी सावधानीसे एक विशेष तापक्रमपर रखा
रहता है। इसकी मात्रा १००० घन सेंटीमीटर पानीकी
मात्राके समान होती है, जब पानी एक विशेष तापक्रमपर हो

किलोग्रामके हज़ारवें भागको ग्राम कहते हैं, इसलिए यह स्पष्ट है कि एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा उस विशेष तापक्रमपर एक ग्राम होती है। छोटी बड़ी इकाइयोंका सम्बन्ध यह है—

१ मिलीग्राम (milligram) = $\frac{१}{१०००}$ ग्राम या ·००१ ग्राम

१ सेंटीग्राम (centigram) = $\frac{१}{१००}$ ग्राम या ·०१ ग्राम

१ डेसीग्राम (decigram) = $\frac{१}{१०}$ ग्राम या ·१ ग्राम

१ डीकाग्राम (Decagram) = १० ग्राम

१ हेक्टोग्राम (Hectogram) = १०० ग्राम

१ किलोग्राम (Kilogram) = १००० ग्राम

भारकी नाप

यह सभी जानते हैं कि जब कोई वस्तु ऊपरसे छोड़ दी जाती है तब वह पृथ्वीपर गिर पड़ती है अर्थात् उसको पृथ्वी खींच लेती है। जिस बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको खींच लेती है उसको आकर्षण-शक्ति (force of attraction) अथवा गुरुत्वाकर्षण (gravitation) कहते हैं। जितने बलसे पृथ्वी किसी वस्तुको अपनी ओर अथवा अपने केन्द्रकी ओर खींचती है उसको उस वस्तुका भार कहते हैं। जो वस्तु किसी दूसरी वस्तुपर ठहरी हुई है उसमें भी भार होता है, अर्थात् उसको भी पृथ्वी खींच रही है। उसके न गिरनेका कारण वह दूसरी वस्तु है जो उसको थामे हुए है, जिससे वह स्वयम् दबी जा रही है। उदाहरणार्थ, जब कोई वस्तु

हथेलीपर रखते हो तब वह हथेलीको दबाती हुई मालूम होती है। दबानेका कारण इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं कि पृथ्वी उसको खींच रही है और हथेलीपर वस्तुके रहनेका कारण इसके अतिरिक्त और कुछ नहीं है कि हाथका बल पृथ्वीकी आकर्षण-शक्तिके प्रतिकूल लगकर उसे गिरनेसे रोक देता है।

यह याद रखना चाहिए कि किसी वस्तुकी मात्रा और उसके भारमें बहुत अन्तर होता है। मात्रा उस वस्तुका पदार्थमात्र है, परन्तु भार वह बल है जिससे वह वस्तु पृथ्वीकी ओर खिंची जाती है। वस्तुकी मात्रा एकसी बनी रहने पर भी उसके भारमें कमी बेशी हो सकती है। पृथ्वीतलसे ऊपर ज्यों ज्यों चढ़ते जाओ त्यों त्यों वस्तुओंका भार कम होता जाता है अर्थात् जब वस्तु पृथ्वी के केन्द्रके पास रहती है तब उसका भार अधिक रहता है और दूर रहनेसे कम, यद्यपि मात्रामें कोई अन्तर नहीं आने पाता। पृथ्वी समान गोलाकार नहीं है, वरन् उत्तरी या दक्षिणी ध्रुवके जितने ही पास जाओ उतना ही केन्द्र भी पास होता जाता है, इसलिए वही वस्तु ज्यों ज्यों ध्रुवोंके पास होती जाती है, उसका भार अधिक होने लगता है।

भार नापनेकी इकाइयां पौण्डकी तोल किलोग्रामकी तोल, ग्रामकी तोल आदि हैं। जितने बलसे एक पौण्डकी मात्रा आकर्षित होती है उतने बलको पौण्ड-भार और जितने बलसे किलोग्रामकी मात्रा आकर्षित होती है उसको किलोग्राम-भार कहते हैं। इसी तरह भारकी और इकाइयोंका भी सम्बन्ध है।

मात्राका नापना

किसी वस्तुकी मात्रा जाननेकेलिए यह देखते हैं कि उसपर पृथ्वीकी आकर्षण-शक्ति कितना काम कर रही है अर्थात् उस वस्तुका भार क्या है। किलोग्रामका जितना भार होता है उतना ही भार यदि किसी वस्तुका हो तो उस वस्तुकी मात्राको एक किलोग्राम समझना चाहिये, या यदि किसी वस्तुका भार एक पौण्ड मात्राके भारके समान हो तो उस वस्तुकी मात्रा एक पौण्ड समझना चाहिये, इत्यादि। जिन विशेष-मात्राओंसे किसी वस्तुकी मात्रा नापते हैं उनको बांट कहते हैं और मात्रा नापनेकी क्रियाको तौलना कहते हैं क्योंकि इस क्रियामें किसी वस्तुकी एक ज्ञात मात्राके भारसे तुलना की जाती है। इसीलिए किसी वस्तुके भारको उस वस्तुकी तौल कहते हैं जिसका तात्पर्य यह है कि यह वस्तु उस ज्ञात पदार्थके भारसे तुलती है।

तौलनेकेलिए जिस सामग्री विशेषकी आवश्यकता पड़ती है उसको तुला, तराजू (balance) या काँटा कहते हैं। तुला दो प्रकारके होते हैं जो दो भिन्न सिद्धान्तोंपर बनाये जाते हैं। साधारण तुला अर्थात् तराजूमें एक तुलादंड (beam) होता है जिसे बीचोंबीच थामनेकेलिए कुछ बना रहता है। इसी जगहसे तुलादंड घूमता है, और दो पलड़े घूमनेके स्थानसे समान दूरीपर इधर उधर लटकते रहते हैं। इसका सिद्धान्त यह है—जब तुलादंड बीचोंबीचसे लटकाया जानेपर धरातलके समानान्तर हो जाय तब मध्यसे समान दूरीपर समान मात्राकी वस्तुओंके लटकानेसे भी यह धरातलके समानान्तर रहता है। यह दूरी जितनी [illegible] ननेमें होती

कानेवाले लटकन कटियाके सहारे रखे रहते हैं। कटिया-के ऊपरी भागपर एक खुली हुई नाली होती है, जिसका मध्यच्छेद ऐसा (∧) होता है। इसीके द्वारा छुरीकी धारपर कटिया और कटिया से थमे हुये पलड़े लटका करते हैं। तुलादंडके मध्यसे एक काँटा नीचेकी ओर लटका रहता है जो स्तंभपर हाथीदाँतके बने हुये स्केलपर इधरसे उधर घूमता है। जब यह कांटा स्केलके मध्य चिन्हपर रहता है तब तुलादंड धरातलके समानान्तर समझा जाता है। तौलने-की बारीकी इसी कांटेके कारण और भी अधिक हो जाती है, इसलिए अच्छी तुलाको प्रायः कांटा भी कहते हैं। सुनार अपनी तराजूको काँटा ही कहता है। जब तौल चुकते हैं, तुलादंडको एक पेचके सहारे उतार देते हैं, जिसमें छुरीकी धार तुलादंडके हिलने जुलनेसे जल्दी घिस न जायं, क्योंकि इन्हीं धारोंके शुद्ध रहनेसे मध्य रेखासे पलड़ोंकी दूरीकी समानता शुद्ध रह सकती है।

प्रयोग २७—तुलाके भ्रमोंकी जांच

'द' दस्तेको दाहिनी ओर घुमानेसे तुलादंड उठ जाता है और पलड़े धारोंपर लटकने लगते हैं। देखो 'घ' कांटा 'ज' स्केलपर मध्य-चिन्हके इधर उधर समान दूरीपर आता जाता है। कांटा मध्य-चिन्हसे जिस ओर अधिक जाता है उसी ओरका पलड़ा हल्का होता है। दूसरे पलड़ेको भी इसीके समान करनेकेलिए उसी किनारेवाले (स्क्रू screw) पेचको भीतरकी ओर खसका देते हैं। ऐसे पेच (ढिबरी या स्क्रू) किसी तुलादंडके दोनों किनारोंपर और किसीके एक ही किनारेपर होते हैं। चित्रमें केवल एक ही किनारेपर ऐसा पेच 'ग' दिखाया गया है। जिधरका पलड़ा हलका हो

है। बाँटोंको हाथसे कभी न छूना चाहिए क्योंकि हाथकी चिकनाहट अथवा और किसी गन्दगीसे बांट बिगड़ जाते हैं और उनकी तोलमें अन्तर पड़ जाता है।

तोलनेकी विधि यह है कि जिस वस्तुकी तोल जाननी है उसे बाएँ पलड़ेपर बीचोंबीच रखो, और अपने दाहिने हाथवाले पलड़ेपर पहले सबसे बड़ा बांट रखो। काँटा यदि ओरको जाने लगे तो समझना चाहिये कि बांट बहुत बड़ा है। इसको उठाकर बक्समें उसके नियत स्थानपर रखो और उसके बादवाले छोटे बांटको पलड़ेपर रखो। यदि अब भी बांटका भार अधिक हो तो उससे छोटे बांटको रखो, इत्यादि। सर्दैव बड़े बांटको पहले रखो, फिर उससे छोटे और औरोंसे बड़ेको। कभी ऐसा न करो कि जब बड़ा बांट बहुत भारी हो तब उससे बहुत छोटा बांट रखो। ऐसा करनेमें बहुत देर लगेगी तब कहीं तोल सकोगे। जब इतने बांट रख चुको जिनसे कांटा स्केलके मध्य चिह्नके दोनों दिशाओंमें बराबर दूरीतक घूमे तब बांट-बक्समें उन स्थानों-को देखो जहांसे बांट हटाये गये हैं। खाली स्थानोंसे हटाये हुए बांटोंका योगफल निकाल लो। यही उस तुलनेवाली वस्तुकी तोल है। अब पलड़ेसे उठाकर बांट-बक्समें बाँटों-को उनके नियत स्थानमें रखते समय भी उनको जोड़ते जाओ, और मिलाओ। देखो, पहला जोड़ ठीक है या नहीं। इससे दुबारा जाँच हो जायगी।

तोलनेके समय इन बातोंका ध्यान रखो :—

१—लटकी हुई सूचीसे जांचो कि तुला समानान्तर धरातलपर है या नहीं।

२—दस्तेको दाहिनी ओर घुमाकर देखो, काँटा स्केलके मध्य चिह्नकी दोनों दिशाओंमें बराबर घूमता है या नहीं। यह दोनों बातें ठीक न हों तो शिक्षकसे ठीक करालो।

३—जो वस्तु तोलनी है वह बहुत गरम न हो और न भीगी ही हो। भीगी होनेसे पलड़ा खराब हो जायगा और गरम होनेसे हवाके हल्के झोंके उठेंगे जिनसे तोलमें अन्तर पड़ जायगा और ठंडा होते हुए वह वस्तु हवासे नमी सोखकर कुछ भारी भी होती जायगी।

४—जो वस्तु तोलनी हो उसे सदैव बाएँ पलड़ेपर रखो और बांटोंको दाहिने पलड़ेपर। यह सावधानी केवल सुभीतेकेलिए की जाती है। बांटोंको बार बार उठाना पड़ता है और यह काम दाहिने हाथसे ही लोग करते हैं। इसलिए बांट-बक्सको दाहिने हाथके पास होना चाहिए और उसीके पासवाला पलड़ा अर्थात् दाहिना पलड़ा भी बांटोंकेलिए प्रयोग करनेमें जल्दी होती है।

५—पलड़ेपर कोई वस्तु या बांट उसी समय रखो जब तुलादंड स्तंभपर टहरा हुआ हो। यदि तुलादंड टँगा हुआ हो तो कदापि पलड़ेको न छूओ और न उसपर कोई वस्तु रखो, क्योंकि ऐसा करनेसे तुलादंडका भारी सिरा एक बारगी झुक जाता है और बड़े ज़ोरका शब्द होता है। और इसके कारण छुरीकी धारोंपर बड़ी चोट लगती है, जिससे यह घिस जाती हैं और तुला कुछ दिनमें निकम्मा हो जाता है। इसलिए जब कोई बांट पलड़ेपरसे हटाना हो या पलड़ेपर रखना हो, दस्तेको बाईं ओर घुमाकर तुलादंडको स्थिर कर दो तब हटाने और रखनेका काम करो। आरंभमें ही अभ्यास इस बातका करना चाहिये कि बायां हाथ दस्तेपर

$\frac{१}{२}$ औंस बांट, $\frac{१}{४}$ औंस-बांटकी तौल ग्राममें निकालो। फिर देखो १ औंस भार कितने ग्राम-भारके समान होता है। सबकी औसत निकालो। प्रयोग फलपृष्ठ ८७ परकेसे खाने बनाकर लिखो।

प्रयोग २६—एक घन सेंटीमीटर पानीकी तौल निकालना।

पहले एक बीकरको तोलो। यदि स्वच्छ न हो तो इसे धोकर कमसे कम बाहरी तलको अच्छी तरह पोंछ कर सुखा लो, तब तोलो। ब्यूरटसे ३०, ४० या ४५ घन सेंटीमीटर पानी बीकरमें छोड़ो और तोलो। पानी सहित बीकरकी जो तौल हो उसमेंसे अकेले बीकरकी तौल घटा देने तो पानीकी तौल निकल आवेगी। फिर एक घन सेंटीमीटर पानीकी तौल निकाल लो।

नोट—एक घन सेंटी मीटर पानीकी तौल जाननेकेलिए एक ही घन सेंटीमीटर पानी नापकर कभी मत तोलो क्योंकि नापनेमें तनिकसी भी अशुद्धि हो जानेसे उत्तरमें बहुत अशुद्धि हो जाती है। परन्तु यदि यह अशुद्धि ३० या ४० घन सेंटीमीटर पानीके साथ हुई तो उत्तर ठीक होता है। इसका कारण पहले बतलाया जा चुका है।

यों लिखो—

पानी सहित बीकरकी तौल	=	ग्राम
केवल " "	=	ग्राम
∴ पानीकी तौल	=	ग्राम
ब्यूरटका दूसरा चिह्न	=	घ०सें०मी०
" पहला चिह्न	=	घ०सें०मी०
∴ लिये हुए पानीका घनफल	=	घ०सें०मी०

एक घन सें० मी० पानीकी तौल $= \frac{\text{पानीकी तौल}}{\text{पानीका घनफल}} = \cdots$ ग्राम

तीन बार भिन्न भिन्न घनफलका पानी लेकर तौलो और एक घन सेंटीमीटर पानीकी औसत तौल निकालो। खाने खींचकर लिखनेमें अधिक सुभीता होगा। यों लिखो—

ब्यूरेटका दूसरा चिह्न	ब्यूरेटका पहला चिह्न	पानीका घनफल	बीकर और पानीकी तौल	बीकरकी तौल	पानीकी तौल	एक घन सें० मी० पानीकी तौल
					औसत	

प्रयोग करनेमें सावधानीकी गयी होगी तो १ घ० सें० मी० पानी तौलमें १ ग्रामके लगभग होगा।

दूसरे प्रकारकी साधारण तुला चित्र २५ में दिखायी गयी है। इसमें एक तारका सर्पिल[१] (spiral) होता है जिसके नीचेवाले सिरेपर कटिया होती है और ऊपरवाले सिरेपर एक छल्ला। नीचेवाले सिरेसे लगा हुआ एक काँटा (pointer) होता है जो सर्पिलके बढ़नेसे नीचे उतरता है और सिकुड़नेसे ऊपर चढ़ जाता है। सर्पिलसे लगा हुआ एक स्केल होता है जिसपर चिह्न बने रहते हैं और इन्हीं चिह्नोंके पास अंक खुदे रहते हैं।

चित्र २५

१—किसी पतले तारके एक सिरेको पकड़कर दूसरे हाथमें किसी पेन्सिलके चारों ओर लपेटनेसे तारका जो रूप बन जाता है उसको सर्पिल (spiral) कहते हैं।

होता। इसलिए यदि ऐसी तुला ध्रुवके पास बनायी जाय जहाँ आकर्षण शक्तिकी अधिकतासे सर्पिल अधिक बढ़ता है और विषुवत् रेखापर (equator) काममें लायी जाय तो कुछ अधिक मात्रा रखनेपर कांटा उचित चिह्नपर आवेगा अथवा यों समझो कि किसी वस्तुके लटकानेसे कांटा १ सेरके चिह्नपर पहुँचता है; यदि उसी वस्तुको लटकाये हुए यह तुला ५ मील पृथ्वीतलसे ऊपर ले जायी जाय तो खिंचावके कम हो जानेसे भार कम हो जायगा और सर्पिल कुछ सिकुड़ जायगा जिससे कांटा १ सेरके चिह्नसे कुछ ऊपर चढ़ जायगा।

अभ्यासार्थ प्रश्न—१२

१—किसी वस्तुकी मात्रा और उसके भारसे क्या सम्बन्ध है?

२—किस प्रयोग या सामग्रीके द्वारा यह बतलाया जा सकता है कि मात्रा वही रहनेपर भी भारमें न्यूनाधिकता हो सकती है?

३—कश्मीरमें कोई वस्तु कमानीदार तुलाके द्वारा तोलकर ख़रीदी जाय तो (१) लन्दन और (२) मदरासमें क्या उसकी तोल उतनी ही ठहरेगी? अपने उत्तरका कारण भी लिखो।

४—साधारण तुला बनानेमें किन बातोंपर ध्यान देना पड़ता है?

५—तुलाको प्रायः कांटा कहते हैं, इसका कारण लिखो।

६—किसी बर्तनका आयतन तोलकर कैसे निकालोगे?

७—एक बोतलकी तोल ३५ ग्राम है। मुंहतक पानी भर देनेपर कुल तोलमें ६८ ग्राम होता है तो बोतलका आयतन कितना है?

८—ऊपरकी बोतलमें यदि शराब भर दी जाय तो कुल तोलमें कितनी ठहरेगी, यदि एक घन सेंटीमीटर शराबकी तोल ०·८५ ग्राम हो?

९—एक स्टोनमें कितने किलोमीटर होते हैं?

१०—लकड़ीका एक टेढ़ा मेढ़ा टुकड़ा और उसीका एक आयताकार टुकड़ा दिया जाय तो टेढ़े मेढ़े टुकड़ेका घनफल बिना किसी नपनेके कैसे निकालोगे?

७—घनत्व

यह वहुधा सुना जाता है कि रुई, लकड़ी, अलुमिनियम इत्यादि हलके होते हैं और सीसा, पारा, चांदी, सोना इत्यादि भारी। तात्पर्य्य यह कि जो पदार्थ हलके होते हैं, मात्रा थोड़ी होनेपर भी वहुत स्थान घेरते हैं; और जो भारी होते हैं बहुत कम स्थान घेरते हैं, अर्थात् उनके कण वहुत पास पास होते हैं। घना जंगल, घनी बस्तीके अर्थ क्या हैं? थोड़े ही स्थानमें जहां बहुतसे वृक्ष हों घना जंगल कहेंगे, और जिस बस्तीमें मनुष्य सख्या अधिक हो और स्थान कम, उसे घनी बस्ती कहते हैं। इसी तरह जो पदार्थ मात्रामें अधिक हो और स्थान कम घेरता हो उसे घना पदार्थ कहते हैं और पदार्थके इस गुणको घनत्व कहते हैं। परन्तु केवल इतना कह देनेसे कि यह पदार्थ घना है, उसके घनत्वका पूरा पता नहीं चलता, और वैज्ञानिक बातोंमें दुविधासे काम नहीं चलता। इसलिए पदार्थका घनत्व उसके एक विशेष आयतनकी मात्राको कहने लगे। इस विशेष आयतनका परिमाण घनफलकी कोई इकाई मानी जाती है। इकाइयोंके भिन्न होनेसे मात्राओंका भी भिन्न होना स्वाभाविक है। वैज्ञानिक कार्य्योंमें आयतनकी इकाई घन सेंटीमीटर है और मात्रा की इकाई ग्राम, इसलिए किसी पदार्थका घनत्व उस पदार्थके एक घन सेंटीमीटरकी मात्रा ग्राममें समझी जाती है।

घनत्वकी परिभाषा अच्छी तरह समझ लेनेपर किसी पदार्थका घनत्व निकालना कुछ भी कठिन नहीं है। जिस पदार्थका घनत्व निकालना हो उसकी चुनी हुई किसी वस्तु का तोलना और उसका आयतन निकालकर एक घन सेंटी-

नहीं सकते, इसलिये दो तीन बार इनको उसी द्रवसे खंगाल लेना चाहिये जिसका घनत्व निकालना हो। ऐसा करनेसे पानी निकल जाता है और द्रव शुद्धतापूर्वक नापा जा सकता है।

किसी पदार्थका घनत्व मालूम हो तो उससे बनी हुई किसी वस्तुकी मात्रा नापकर आयतन और आयतन नापकर मात्रा जानी जा सकती है क्योंकि

किसी वस्तुका घनत्व = उस वस्तुकी मात्रा ÷ उस वस्तुका आयतन

∴ उस वस्तुकी मात्रा = वस्तुका घनत्व × वस्तुका आयतन

$$\text{और उस वस्तुका आयतन} = \frac{\text{उस वस्तु की मात्रा}}{\text{उस वस्तु का घनत्व}}$$

उदाहरण (१)—एक ग्राम पारेका आयतन बतलाओ जब पारेका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १३·५ ग्राम हो।

$$\text{घनत्व} = \frac{\text{मात्रा}}{\text{आयतन}}$$

$$\therefore \text{१३·५ ग्राम} = \frac{\text{१ ग्राम}}{\text{१ ग्रामका आयतन}}$$

$$\therefore \text{१ ग्राम पारेका आयतन} = \frac{\text{१}}{\text{१३·५}} \text{ घन सेंटीमीटर}$$

$$= \text{·०७४ घन सेंटीमीटर}$$

(२) एक लीटर ग्लिसरीनकी मात्रा क्या होगी, यदि ग्लिसरीनका घनत्व प्रति घ० सें० मी० १·२६ हो?

ग्लिसरीनका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर = १·२६ ग्राम

∴ १ घन सेंटीमीटर ग्लिसरीनकी मात्रा = १·२६ ग्राम

∴ १ लीटर (१००० घ० सें० मी०) ग्लिसरीनकी मात्रा = १·२६ × १००० ग्राम

= १२६० ग्राम

घनत्वका (Relative Density) आपेक्षिक घनत्व लिखा जाय तो कठिनाइयोंका झंझट दूर हो जाय. अर्थात् यदि पदार्थोंके घनत्वकी तुलना किसी ऐसे पदार्थसे की जाय जो आसानीसे सब कहीं शुद्ध मिल सके और उनके घनत्वका इसी विशेष पदार्थके घनत्वसे जो संबन्ध हो वही लिखा जाय तो कुछ भी कठिनाई नहीं रहती। इसी संबन्धको आपेक्षिक घनत्व कहते हैं। यह विशेष पदार्थ जिसके घनत्वसे पदार्थोंके घनत्वकी तुलना की जाती है पानी है। यही बात थोड़ेमें यों लिखी जा सकती है।

$$\text{पदार्थका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$$

उदाहरणार्थ, ताँबेका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर ८·६ ग्राम है, इसलिए उसका आपेक्षिक घनत्व

$$= \frac{\text{८·६ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}{\text{१ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}$$

$$= \text{८·६}$$

नोट १—पानीका घनत्व एक विशेष तापक्रमपर १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है, और तापक्रमोंपर यह सदैव १ ग्रामसे कुछ कम होता है, परन्तु साधारण व्यवहारमें १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर समझना अनुचित नहीं है।

नोट २—आपेक्षिक घनत्वमें कोई इकाई नहीं होती और जो अङ्क आपेक्षिक घनत्वको सूचित करता है उसी अङ्कके साथ "ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर" लिख देनेसे उसी पदार्थका घनत्व सूचित होने लगेगा।

आपेक्षिक घनत्वको सूचित करनेवाला अङ्क यह भी सूचित करता है कि पदार्थ पानीसे उतना गुना भारी है अर्थात्

अभ्यासार्थ प्रश्न—१४

(१) ८०० घन सेंटीमीटर तेलकी मात्रा बतलाओ; घनत्व ०·८ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है।

(२) ४० ग्राम इथरका आयतन क्या होगा? इथरका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १·०३ ग्राम है।

(३) कितना घन सेंटीमीटर गंधकका तेजाब लिया जाय कि उसकी मात्रा ३३·३ ग्राम हो? इस तेजाबका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर १·८ ग्राम है।

(४) एक कांचकी बर्तनका तौल खाली रहनेपर १० ग्राम है। पानीसे भर जानेपर ४० ग्राम हो जाता है। पारेका घनत्व १३·५ ग्राम घन सेंटीमीटर है तो इस बर्तनमें कितना पारा भरा जा सकता है।

(५) चौथे प्रश्नवाले बर्तनकी लम्बाई १५ सेंटीमीटर हो तो इसके भीतरी व्यास क्या होगा?

(६) प्रेक्टिकलमें एक पत्तेकी लम्बाई चौड़ाई क्रमसे ५·० सें० मी० और ३·१ सें० मी० है। यदि इसकी तौल ३ ग्राम और घनत्व २·५ ग्राम घन सेंटीमीटर हो तो मोटाई क्या होगी?

८—आपेक्षिक घनत्व

पिछले अध्यायमें कहा जा चुका है कि किसी पदार्थका घनत्व उसके घनफलकी एक इकाईकी मात्राको कहते हैं और भिन्न भिन्न इकाइयोंमें लिखनेसे भिन्न भिन्न मात्राओंका बोध होता है। इसलिए घनत्वके साथ साथ आयतन और मात्राकी इकाइयोंका लिखना आवश्यक पड़ता है क्योंकि बिना इकाइयोंके लिखे दुविधा बनी रहती है। परन्तु इकाइयोंके लिखनेमें व्यर्थ समय नष्ट होता है, इसलिए ऐसा विचार किया गया कि पदार्थोंका घनत्व लिखनेके स्थानमें

नका (Relative Density) आपेक्षिक घनत्व लिखा जाय तो कार्योंका झंझट दूर हो जाय, अर्थात् यदि पदार्थोंके नत्वकी तुलना किसी ऐसे पदार्थसे की जाय जो आसानी-े सब कहीं शुद्ध मिल सके और उनके घनत्वका इसी विशेष दार्थके घनत्वसे जो संबन्ध हो वही लिखा जाय तो कुछ ी कठिनाई नहीं रहती। इसी संबन्धको आपेक्षिक घनत्व कहते हैं। यह विशेष पदार्थ जिसके घनत्वसे पदार्थोंके नत्वकी तुलना की जाती है पानी है। यही बात थोड़ेमें यों लिखी जा सकती है।

$$\text{पदार्थका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$$

उदाहरणार्थ, ताँबेका घनत्व प्रति घन सेंटीमीटर ८·९ ग्राम है, इसलिए उसका आपेक्षिक घनत्व

$$= \frac{\text{८·९ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}{\text{१ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर}}$$

$$= \text{८·९}$$

नोट १—पानीका घनत्व एक विशेष तापक्रमपर १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है, और तापक्रमोंपर यह सदैव १ ग्रामसे कुछ कम होता है, परन्तु साधारण व्यवहारमें १ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर समझना अनुचित नहीं है।

नोट २—आपेक्षिक घनत्वमें कोई इकाई नहीं होती और जो अङ्क आपेक्षिक घनत्वको सूचित करता है उसी अङ्कके साथ "ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर" लिख देनेसे उसी पदार्थका घनत्व सूचित होने लगेगा।

आपेक्षिक घनत्वको सूचित करनेवाला अङ्क यह भी सूचित करता है कि पदार्थ पानीसे उतना गुना भारी है अर्थात्

उसका गुरुत्व पानीके गुरुत्वसे उतना ही गुना अधिक है। इसीलिए आपेक्षिक घनत्वको विशिष्ट गुरुत्व (Specific gravity) भी कहते हैं।

आपेक्षिक घनत्वकी परिभाषा दो तरह कही जाती है। एक तो वही जो ऊपर बतलायी जा चुकी है और दूसरे परिभाषा पहलीका ही एक दूसरा रूप है जो यों लिखी जाती है।

$$\text{किसी पदार्थका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{उस पदार्थका घनत्व}}{\text{पानीका घनत्व}}$$

$$\text{किसी पदार्थका आ० घ०} = \frac{\text{१ घन सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{\text{१ घन सें० मी० पानीकी मात्रा}}$$

$$\therefore \text{किसी पदार्थका आ० घ०} = \frac{\text{क} \times \text{१ घ० सें० मी० पदार्थकी मात्रा}}{\text{क} \times \text{१ घ० सें० मी० पानीकी}}$$

क्योंकि किसी भिन्नके अंश और हरको एक ही गुणा करनेपर भिन्नके मानमें कोई अन्तर नहीं पड़ता। 'क' किसी अङ्कके स्थानमें व्यवहार किया गया है।

$$\therefore \text{उस पदार्थका आ० घ०} = \frac{\text{क घ० सें० मी० पदार्थकी}}{\text{क घ० सें० मी० पानीकी}}$$

$$= \frac{\text{क घ० सें० मी० पदार्थकी}}{\text{पानीके उतने ही घनफलकी}}$$

$$= \frac{\text{पदार्थकी बनी हुई किसी वस्तुकी}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी}}$$

इसलिए दूसरी परिभा

(३) यदि लोहेके एक टुकड़ेकी तौल ४७ ग्राम हो और आपेक्षिक घनत्व ७·८ हो तो उस टुकड़ेका आयतन कितना है ?

$$\text{लोहेका आ० घ०} = \frac{\text{लोहेके टुकड़ेकी मात्रा}}{\text{उसी आयतनवाले पानीकी मात्रा}}$$

$$\therefore ७·८ = \frac{\text{४७ ग्राम}}{\text{उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा}}$$

$$\text{उसी आयतन वाले पानीकी मात्रा} = \frac{\text{४७ ग्राम}}{७·८}$$

= ६·०३ ग्रामके लगभग

परन्तु एक घन सेंटीमीटर पानीकी मात्रा = १ ग्राम

∴ ६·०३ ग्राम पानीका आयतन = ६·०३ घन सें० मी०

∴ लोहेके टुकड़ेका आयतन = ६·०३ घन सें० मी०

आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शीशी

मात्रा और आयतन नापनेके जितने नियम बतलाये गये हैं वह सब आपेक्षिक घनत्वके मालूम करनेकेलिए प्रयोग किये जा सकते हैं और इनसे सभी पदार्थोंके आ० घ० जाते जा सकते हैं। परन्तु थोड़े समयमें और अधिक शुद्धता पूर्वक द्रवों और छोटी छोटी वस्तुओंका आ० घ०, आपेक्षिक घनत्व नापनेकी शीशीसे निकाला जाता है। ऐसी शीशियों में २५, ५० या १०० ग्राम तक शुद्ध पानी भरा जा सकता है। जिसमें जितना शुद्ध पानी भरा जा सकता है उसपर वह मान लिखा रहता है और तापक्रम भी लिखा रहता है। इन में घिसे हुए काँचकी डाट बड़ी सफ़ाईसे लगायी जा सकती है। किसी शीशीमें पानी भरकर डाट ठीक बैठाया जाय तो डाट और पानीके बीच कुछ हवा रह जाती है। इस अवगुण को दूर करनेकेलिए आ० घ० नापनेकी शीशीकी डाटमें एक बहुत बारीक छेद बीचोंबीच या बग़लमें होता है। जब

द्रव भरकर डाटको धीरेसे मुहमें बैठा देते हैं, तब डाटसे हटा हुआ पानी इसी छेदके मार्गसे बाहर निकल पड़ता है। इस अवस्थामें जितना शुद्ध पानी उसमें भरा रहता है उसीको मात्रा शीशीपर खुदे हुए मानको सूचित करती है। ऐसी एक शीशीका चित्र यहांपर दिया जाता है (चित्र २६)।

प्रयोग ३०—स्पिरिटका आपेक्षिक घनत्व निकालना।

आपेक्षिक घनत्वके नापनेकी शीशी लेकर देखो स्वच्छ और सूखी है कि नहीं। यदि स्वच्छ न हो तो खूब धोकर सुखा लो। जल्दीमें किसी बर्तनके सुखानेकी विधि यह है।

५०
ग्राम
चित्र २६

पैरकी धौंकनीकी लंबी रबर-नलीमें एक काँच-नली जिसकी लम्बाई एक फ़ुटके लगभग हो लगा दो। जो सिरा रबर-नलीमें लगा हुआ हो उसको दाहिने हाथसे पकड़कर काँच नलीके मध्य भागको आंचमें या लम्पकी लौमें बेलनकी तरह घुमाते हुए रखो और पैरसे धौंकनी चलाते जाओ, हवा मध्य भागसे होकर निकलेगी और काँचकी गर्मीसे गरम भी हो जायगी। कांच-नलीके दूसरे सिरेको शीशी, फ्लास्क या बीकरके पेंदेतक कर दो, परन्तु पेंदा छू न जाय। इनको बाएँ हाथसे घुमाते जाओ, नहीं तो एक ही स्थानपर अधिक गरमी पहुँचनेसे काँच चटख़ जायगा। थोड़ी देरतक ऐसा करनेसे बर्तन बिल्कुल सूख जायगा। सूखनेपर खूब ठंडा करके डाट लगाओ और तोलो।

निकालकर स्पिरिटसे शीशीको लबालब भर दो और बड़ी सावधानीसे डाट रखो। बाहरी भाग खूब अच्छी तरह पोंछ कर तोलो। दोनों तोलोंका अन्तर उस स्पिरिटकी तोल होगी जो शीशीमें भरी जा सकती है। तोलोंको इस तरह लिखो—

स्पिरिटसे भरी हुई आ० घ०की शीशीकी तोल= ...ग्राम
केवल " " तोल= ...ग्राम

शीशीमें अँटनेवाली स्पिरिटकी तोल= ...ग्राम

इस तोलको उस पानीकी तोलसे भाग दो जो शीशीमें भरा जा सकता है। यदि शीशीमें यह लिखा हुआ है तो बहुत अच्छा है नहीं तो शुद्ध पानी उसी सावधानीसे भर कर उसकी भी तोल निकाल लो।

प्रयोग ३१—बालूका आ० घ० निकालना।

शीशीको तोलकर उसमें आधेके लगभग साफ़ बालू भरो और तोलो।

थोड़ा थोड़ा शुद्ध पानी शीशीके भीतर बालूमें छोड़ो जिसमें बालूके ऊपरतक पानी हो जाय। काँचके कलमसे बालूको सावधानीसे हिलाओ जिससे बालूमें चिपटी हुई हवा सब निकल जाय पर कलम निकालते समय बेंत बालूका कण बाहर न चला जाय। तब पानी भरकर डाट लगा दो और बाहर खूब पोंछ कर तोल डालो। तोलोंको इस तरह लिखो—

आ० घ० की शीशी और बालूकी तोल = ... ग्रा
शीशीकी तोल = ... ग्रा

∴ ली हुई बालूकी तोल = ... ग्राम

∴ पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल और

बालूकी तोल = ... ग्राम

बालू और पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल = ... ग्राम

∴ बालूसे हटे हुए पानीकी तोल = ... ग्राम

∴ बालू का आ० घ० = $\frac{\text{बालूकी तोल}}{\text{बालूसे हटे हुए पानीकी तोल}}$

प्रयोग ३२—तूतियाका आ० घ० निकालना।

शीशीको तोलकर उसमें तूतियाके अच्छे और साफ़ छोटे छोटे रवे ८, १० ग्रामके लगभग रखो और तोलो। दोनों तोलोंका अन्तर रवोंकी तोल होगी।

रवोंको शीशीमेंसे बाहर न निकालो वरन् उसीके साथ या तो तूतियाका (saturated solution) संपृक्त घोल या और कोई द्रव जिसमें तोली हुई तूतिया घुल न सके भरो, डाट लगा दो और बाहरी भाग अच्छी तरह पोंछ कर तोलो। यह तूतिया और घोल या द्रवसे भरी हुई शीशीकी तोल होगी।

तूतिया और द्रवको निकाल डालो, दो तीन बार शीशीको स्वच्छ घोल या द्रवसे खँघाल डालो और फिर उसी घोल या द्रवको शीशीमें भरकर तोल लो। तोलोंको इस तरह लिखो—

शीशी और तूतियाके रवोंकी तोल = ... ग्राम

केवल शीशीकी तोल = ... ग्राम

∴ तृतियाके रवोंकी तोल = ... ग्रा

द्रव या घोलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ... ग्रा

∴ द्रव या घोलसे भरी हुई शीशी और
तृतियाके रवोंकी तोल = ... ग्रा

तृतिया और द्रव या घोलसे भरी हुई
शीशीकी तोल = ... ग्रा

∴ तृतियासे हटे हुए द्रव या घोलकी तोल = ... ग्रा

द्रव या घोलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ... ग्रा

केवल शीशीकी तोल = ... ग्रा

∴ शीशीमें भरे हुये द्रव या घोलकी तोल = ... ग्रा

शीशीमें भरे हुये पानीकी तोल शीशीपर खुदी हुई है
त्रैराशिक द्वारा यह जाना जा सकता है कि जितना द्रव
घोल तृतियासे हट जाता है उसके स्थानमें यदि पानी हो
तो कितना हटता। बस इसी पानीकी तोलसे तृतिया
तोलको भाग दे दो। भजनफल तृतियाका आपेक्षिक घन
होगा।

उदाहरण—(१) एक चूर्णका आ० घ० नीचे दी हुई तो
निकालो— शीशीकी तोल २५ ग्राम, शीशी और चूर्णकी तोल ४०
पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल ५० ग्राम, और चूर्ण और पानीसे भरी
शीशीकी तोल ६३ ग्राम है।

शीशी और चूर्णकी तोल =४०
शीशीकी तोल =२५

चूर्णकी तोल =१५
पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल =५०

पानीसे भरी हुई शीशी और चूर्णकी तोल =६५
परन्तु चूर्ण और पानीसे भरी हुई शीशीकी तोल =६३

चूर्णसे हटे हुए पानीकी तोल = २ ग्राम

$$\text{चूर्णका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{१५ ग्राम}}{\text{२ ग्राम}}$$

$$= \text{७·५}$$

(२) एक ५० घ० सें० मी० की आ० घ०की शीशीके द्वारा नीचे लिखी हुई तोल मालूम की गई—

शीशीकी तोल = २०·२५ ग्राम

मिश्री और शीशीकी तोल = ४५·७५ ग्राम

मिश्री और अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ७३·७५ ग्राम

केवल अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल = ६०·२५ ग्राम

तो मिश्रीका आ० घ० निकालो।

	मिश्री और शीशीकी तोल	= ४५·७५ ग्राम
	शीशीकी तोल	= २०·२५ ग्राम
∴	मिश्रीकी तोल	= २५·५० ग्राम
	अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल	= ६०·२५ ग्राम
∴	अल्कोहलसे भरी हुई शीशी और मिश्रीकी तोल	= ८५·७५ ग्राम
	अल्कोहल और मिश्रीसे भरी हुई शीशीकी तोल	= ७३·७५ ग्राम
∴	मिश्रीसे हटे हुए अल्कोहलकी तोल	= १२·०० ग्राम
	अल्कोहलसे भरी हुई शीशीकी तोल	= ६०·२५ ग्राम
	शीशीकी तोल	= २०·२५ ग्राम
∴	शीशीमें भरे हुए अल्कोहलकी तोल	= ४०·०० ग्राम

परन्तु शीशी ५० घ० सें० मी० की है,

इसलिए ४० ग्राम अल्कोहलका घनफल = ५० घ० सें० मी०

$$\text{और १२ ग्राम} \quad " \quad " = \frac{\text{१२} \times \text{५०}}{\text{४०}}$$

$$= \text{१५ घ० सें० मी०}$$

अर्थात् मिश्रीका घनफल = १५ घ० स० मी०

∴ उतने ही घनफल वाले पानीकी तौल = १५ ग्राम

∴ मिश्रीका आ० घ० = $\frac{२५.५० \text{ ग्राम}}{१५ \text{ ग्राम}}$

= १.७

अभ्यासार्थ प्रश्न–१५

(१) एक पदार्थका घनत्व ८.६ ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है तो इसका घनत्व प्रति घनफुट पौण्डोंमें क्या होगा ? (१ पौण्ड = ४५३ ग्रा०, १ इंच = २.५४ सें० मी०)

(२) एक आयताकार टोसकी लम्बाई, चौड़ाई, और ऊंचाई क्रमशः ३.५४ सेंटीमीटर, ३.२४ सें० मी० और २.८५ सें० मी० है। यदि उसका आ० घ० ७.३ हो तो उस टोसकी तौल कितनी होगी ?

(३) एक लकड़ीके गोलेकी तौल ७५ ग्राम है और उस लकड़ीका आपेक्षिक घनत्व ०.७५ है तो उस गोलेका व्यास क्या है ?

(४) एक तांबेके तारकी लम्बाई ३.५ मीटर, तौल १.५ ग्राम और आ० घ० ८.६ है तो तारकी मोटाई क्या है ?

(५) २०.५५ सें० मी० लम्बा ६.७५ सें० मी० चौड़ा प्लेटिनमका एक तौलमें ८.५४ ग्राम होता है तो उसकी मोटाई क्या होगी ? (प्लेटिनमका आ० घ० = २१.५)

(६) एक ५० घन सेंटीमीटर वाली शीशीकी तौल १८ ग्राम है। यदि १५ ग्राम सफ़ेद बालू रखकर शीशी पानीसे भर दी जाय तो शीशीकी तौल क्या होगी ? (बालूका आ० घ० = २.६)

(७) एक रुपयेकी तौल १८० ग्रेन है। यदि इसका आ० घ० १०.५ है तो इतने ही आयतनवाले सोनेके एक टुकड़ेकी तौल क्या होगी ?

(८) सोनेकी एक जंजीरकी तौल १०.५४ ग्राम है। ब्यूरटमें डुबो देनेसे ७५ घ० सें० मी० पानी और चढ़ जाता है ; तो जंजीरका सोना शुद्ध है या मिलावटी ? सोनेका आ० घ० १९.३ है।

(९) पानीसे भरी हुई आ० घ० की शीशीकी तोल ४४ ग्राम है। १० ग्राम लोहेका टुकड़ा रखकर शीशी फिर भर दी गयी तो कुल तोलमें ५२·७ ग्राम हुआ। लोहेका आ० घ० क्या है ?

(१०) एक आ० घ० की शीशी तोलमें २७ ग्राम है। पानीसे भर देनेपर तोलमें ७५·९२ ग्राम होती है। यदि अलकोहल भरकर शीशी तोली जाय तो क्या ठहरेगी ? (अलकोहलका आ० घ० ·८ ग्राम)

(११) एक स्वच्छ द्रव पानी सा दीखता है। किन प्रयोगोंसे यह सिद्ध किया जा सकता है कि यह द्रव पानीके सिवाय और कुछ नहीं है ?

(१२) लकड़ीका एक टेढ़ा मेढ़ा छोटा टुकड़ा दिया जाय तो उसका आ० घ० कैसे निकालोगे ?

६—अर्कमीदिसका सिद्धान्त

लकड़ीका कोई टुकड़ा जब पानीमें कुछ ऊपरसे गिराया जाता है, पहले पानीके भीतर चला जाता है, थोड़ी ही देरमें पानी इसे ऊपर फेंक देता है और यह तैरने लगता है। लकड़ीके गिरने और पानीमें घुसनेका कारण तो पृथ्वीकी आकर्षण शक्ति है परन्तु ऊपर फेंकनेका कारण पानी है। इस फेंकनेको "उछाल" (upthrust) कहते हैं।

तैरती हुई वस्तुपर आकर्षण शक्ति और पानीकी उछाल दोनों काम कर रहे हैं। परन्तु तैरती हुई वस्तु पानी-तलपर थमी रहती है इसलिए यह दोनों शक्तियाँ समान बल लगाती होंगी, जैसे एक वस्तुको जब दो मनुष्य एक दूसरेके प्रतिकूल समान बलसे खींच रहे हों तो वह वस्तु अपने स्थानपर स्थिर रहेगी और ज्योंही एकका बल दूसरेसे अधिक होगा त्योंहीं यह प्रबलकी ओर चल पड़ेगी।

यह बहुधा देखनेमें आता है कि कोई तैरती वस्तु पानीमें

अधिक डूबी रहती है और कोई कम। यदि शीशम, साखू नीम-चमेली इत्यादिके सूखे टुकड़े पानीमें छोड़े जायँ तो सार लकड़ीवाले टुकड़ेका अंश सबसे अधिक डूबा रहेगा और हलकी लकड़ीका बहुत सा अंश ऊपर रहेगा। इससे यह पता चलता है कि भारी वस्तु पानीमें अधिक डूबती है और हलकी कम। जो वस्तु अधिक डूबती है वह पानीको भी अधिक हटाती है। इसलिए तैरनेवाली वस्तुओंमें वही अधिक पानी हटाती है जो अधिक भारी होती है। यह बात नाववाले बहुत अच्छी तरह जानते हैं कि जब नावमें ... चढ़ जाते हैं तब वह बहुत डूब जाती है और ज्यों ज्यों उतरने लगते हैं त्यों त्यों उतराती जाती है। इससे मान होता है कि तैरती हुई चीज़के भारीपन और ... हुए पानीके आयतनमें कुछ सम्बन्ध है। यह किसी प्रयोगसे जांचना चाहिए।

प्रयोग ३३—तैरती हुई वस्तुके भार और उससे हटे सम्बन्ध जानना।

एक लम्बी परख नली (test tube) लेकर तौलो और ४ घन सेंटीमीटर पानी रखकर, मुंहको पतले डोरेसे १०० घन सेंटीमीटरवाले नपना-घटमें लटकाओ। ... पहले घटमें ७०,८० घन सेंटीमीटर पानी भरकर पानी चिह्नको लिखलो। जिस समय परख-नली तैरने लगे, छोड़ दो और देखो कि उसके तैरनेसे पानी कितना चढ़ता है, अथवा हटता है। परख नली तैरती हुई किनारे लग जाती है और दोनोंके बीचमें ज़रासा पानी चढ़ जाता है। इस चढ़े हुए पानीके तलका चिह्न पानीका आयतन जाननेकेलिए कभी मत लो। जिस

ोका तल प्रायः समतल हो उसी जगहके चिह्नको लिख
: चाहिए।

नलीमें ४ घन सेंटीमीटर पानी और छोड़कर देखो पानी
ना और चढ़ता है। इसी तरह तीन तीन या चार चार
सें०मी० पानी छोड़ते जाओ और हटे हुए पानीका आयतन
ते जाओ। जिस समय परख-नलीमें पानी इतना हो
ा कि ज़रासा और छोड़नेपर वह बिलकुल डूब जाय उस
य देखो पानी कितना हटा है? परख-नलीमें नपा हुआ
ो प्यूरटसे छोड़ना चाहिए जिसमें शुद्धता भी हो और
नेकी आसानी भी हो। फिर यों लिखो—

ख-नली पानीकी तोल	नपना-घटके पानी-तलका पहला चिह्न	नपना-घटके पानी तलका दूसरा चिह्न	हटे हुए पानीका आयतन वा दूसरा चिह्न — पहला चिह्न	हटे हुए पानीकी तोल
ग्राम)	(घ० सें०मी०)	(घ० सें०मी०)	(घ० सें० मी०)	(ग्राम)

यदि प्रयोग सावधानीसे किया जायगा तो पहले
लम और अन्तिम कालमकी तोल लगभग समान होंगी,
ससे यह सिद्ध हो जायगा कि तैरनेवाली वस्तु अपनी तोल-
समान पानी हटाती है अर्थात् तैरनेवाली वस्तुका उतना ही
यतन पानीके भीतर रहता है जितने आयतनवाले पानीकी
ल उस वस्तुकी तोलके समान हो। जिस समय परख-नली
नीके भर जानेसे डूबने लगेगी उस समय उसकी तोल सारी
ख-नलीसे हटे हुए पानीकी तोलके बराबर होगी।

पानीके स्थानमें किसी और द्रवको लेकर इसी तरह य प्रयोग और करो तो प्रकट हो जायगा कि हटे हुए द्रवकी तौल तैरनेवाली वस्तुकी तौलके बराबर होती है अर्थात् तैरती हुई वस्तु अपने ही भारके समान द्रवको हटाती है।

परन्तु तैरती हुई वस्तुका भार = द्रवकी ऊपरी उछाल .

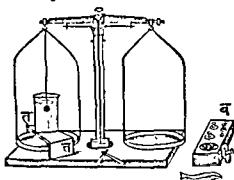
∴ द्रवकी ऊपरी उछाल = हटे हुए द्रवका भार

अब यह देखना चाहिए कि डूबनेवाली वस्तुपर भी पानी की उछालका कुछ प्रभाव होता है या नहीं। यह तो सभी जानते हैं कि पानीमें डूबनेवाली चीज़ें कुछ हलकी मालूम होती हैं। पानी भरा हुआ कलसा जबतक पानीमें रहता है बहुत हलका मालूम होता है, पर ज्यों ही पानीके ऊपर आया भारी हो जाता है। इससे यह प्रत्यक्ष है कि पानीकी उछालका प्रभाव डूबनेवाली वस्तुपर भी पड़ता है क्योंकि पानीमें डूबने पर हलके होनेका कारण इसके सिवा और कुछ नहीं है। अनुमान तो यह होता है कि डूबनेवाली वस्तुसे जितना पानी हट जाता है उतनी ही उछाल उस वस्तुपर पड़नेसे उसका भार कम होजाता होगा, अर्थात् उतने ही भारसे वह वस्तु हलकी हो जाती होगी। इसकी जांच प्रयोगसे करनी चाहिए।

प्रयोग ३४—डूबनेवाली वस्तु पानीमें कितनी हलकी हो जाती है और उससे कितना पानी हट जाता है?

उस वस्तुको हलके सूतके डोरेमें बांधकर तुलाकी कड़ी में लटका दो। डोरा इतना लम्बा होना चाहिए कि वैसे लटकती हुई वस्तु पानीसे भरे हुए बीकरमें डुबोकर तौली जा सके। वस्तुको साधारण रीतिसे तौल लो। इसी तौलने को हवामें तौलना कहते हैं। पलड़ेके ऊपरसे एक तिपाई तुलाके

ऊपर इसतरह रखो कि तिपाई पलड़ेसे या पलड़ेके लटकनसे
नहीं न छू जाय। इसी तिपाईपर बीकरमें पानी भरकर रखो।
इतना पानी न भर दो कि वस्तुके डुबोनेपर पानी बीकरसे
बाहर निकल पड़े और पलड़ेपर पड़कर तुलाको बिगाड़ डाले,
परन्तु इतना पानी अवश्य रहे कि तुलादंडके उठानेपर भी
वह वस्तु पानीके बाहर न आ सके और न पानी-तलसे छू ही
जाय। इस बातका भी ध्यान रखो कि तोलते समय वस्तु

चित्र २७ त-तिपाई, ब-बाट बक्स।

बीकरको भी छूने न पावे। पानीमें तोलनेसे वस्तुका भार कुछ
कम हो जायगा। भार जितना कम हो गया, उतनी ही उस
वस्तुपर पानीकी उछाल समझनी चाहिए, क्योंकि पानीकी
उछाल ऊपरकी ओर भारके ठीक प्रतिकूल काम करती है।
तीन बार इस ... उस वस्तुको
... नपना घटसे
लिखो—

वस्तुका भार हवामें	वस्तुका भार पानीमें	पानीमें भारकी कमी	पानीकी ऊपरी उछाल	वस्तुका आयतन या वस्तुसे हटे हुए पानीका आयतन	वस्तुसे हटे हुए पानीका भार

चौथे और छठे कालमकी तोल बराबर होनी चाहिए। इसका सारांश यह हुआ—पानीकी ऊपरी उछाल हटे हुए पानीके भार के समान होती है। इसीको (principle of Archimedes) आर्कमीदिसका सिद्धान्त कहते हैं। यह सिद्धान्त सभी द्रवोंके लिए ठीक उतरता है इसलिए साधारणतः इसे यों लिखते हैं-

कोई वस्तु किसी द्रवमें पूरी डूबी हो या थोड़ी, उसपर द्रवकी ऊपरी उछाल हटे हुए द्रवके भारके बराबर होती है।

इस सिद्धान्तके सहारे किसी ठोस या द्रवके घनत्व, आपेक्षिक-घनत्व, और आयतन बड़ी शुद्धता पूर्वक निकाले जा सकते हैं, क्योंकि

$$\text{किसी ठोसका घनत्व} = \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उस ठोसका आयतन}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उस ठोससे हटे हुए पानीका आयतन}} \quad ...(1)$$

परन्तु इस हटे पानीका भार = ठोसपर पानीकी उछाल

= पानीमें ठोसकी तोलकी कमी।

$$\text{किसी ठोसका आ० घ०} = \frac{\text{उस ठोसकी मात्रा}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीकी मात्रा}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{उससे हटे हुए पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{हटे हुए पानीकी ठोसपर उछाल}}$$

$$= \frac{\text{उस ठोसका भार}}{\text{पानीमें ठोसके भारकी कमी}} \ldots\ldots(२)$$

$$\text{किसी द्रवका आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{द्रवका भार}}{\text{उतने ही आयतनवाले पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{किसी वस्तुसे हटे हुए द्रवका भार}}{\text{उसी वस्तुसे हटे हुए पानीका भार}}$$

$$= \frac{\text{वस्तुपर द्रवकी उछाल}}{\text{वस्तुपर पानीकी उछाल}}$$

$$= \frac{\text{द्रवमें वस्तुके भारकी कमी}}{\text{पानीमें वस्तुके भारकी कमी}} \ldots\ldots(३)$$

यह प्रकट है कि भारकी कमी तुलासे मालूम की जाती है और साधारण तुलाद्वारा १० मिली ग्राम या ·०१ ग्रामतक शुद्धता हो सकती है इसलिए घनत्व, आपेक्षिक घनत्व और

आयतनकी संख्याओंमें भी दशमलवके दो स्थानोंतक शुद्धता होती है। यह बात सूक्ष्मसे सूक्ष्म नपनेसे या ब्यूरटसे भी नहीं की जा सकती।

उदाहरण-(१) एक लम्बी परख-नलीमें कुछ सीसेकी गोलियां रखकर उसको पानीमें तैरानेसे नपना-घटमें १५ घन सेंटीमीटर पानी हटता है और नमकके घोलमें १३·५ घन सेंटीमीटर। एक घन सेंटीमीटर नमकके घोलकी मात्रा बतलाओ।

तरनेवाली वस्तुका भार = वस्तुपर द्रवकी ऊपरी उछाल
= वस्तुसे हटे हुए द्रवका भार

∴ परख-नली और उसमें रखी हुई गोलियोंका भार
= १५ घन सेंटीमीटर पानीका भार
= १५ ग्राम
= १३·५ घन सें० मी० नमकके घोलका भार

∴ १३·५ घन सें० मी० नमकके घोलका भार = १५ ग्राम

और १ „ „ „ $= \frac{१५}{१३·५}$
= १·१ ग्राम

(२) यदि ऊपर कही हुई परख-नलीका बाहरी आयतन २५·३ घ० सें० मी० हो तो और कितनी गोलियोंके भरनेसे परख-नली ठीक डूबनेके लगभग हो जायगी ?

अर्कमीदिसके सिद्धान्तके अनुसार जिस समय परख-नली ठीक डूबनेके लगभग हो जायगी उस समय इसका भार उतना ही हो जायगा जितना पानी यह हटा सकती है। परन्तु इसका बाहरी आयतन २५·३ घ० सें० मी० है, इसलिए इससे हटे हुए पानीका भार २५·३ ग्रामसे अधिक नहीं हो सकता और परख-नलीका भार भी २५·३ ग्राम उस समय हो जायगा।

परन्तु पहले उदाहरणमें उसने १५ घ० सें० मी० पानी हटाया था इसलिए उसको २५·३–१५ घ० सें० मी० और पानी हटाना है जिसकेलिए १०·३ ग्राम गोलियां और छोड़नी पड़ेगीं।

(३) एक चांदीके टुकड़ेकी तोल हवामें ७५ ग्राम और पानीमें ६७·८६ ग्राम है तो इससे हटे हुए पानीका भार और टुकड़ेका आयतन बतलाओ।

पानीमें चांदीके टुकड़ेकी तोलमें कमी = ७५−६७·८६ ग्राम

= ७·१४ ग्राम

∴ टुकड़ेपर पानी की उछाल = ७·१४ ग्राम-भार

परन्तु पानी की उछाल = हटे हुए पानीका भार

∴ चांदीके टुकड़ेसे हटे हुए पानीका भार = ७·१४ ग्राम

एक ग्राम पानीका आयतन = १ घन सें० मी०

∴ ७·१४ ग्राम ,, ,, = ७·१४ घ० सें० मी०

∴ हटे हुए पानीका आयतन = ७·१४ घ० सें० मी०

∴ टुकड़ेका आयतन = ७·१४ ,,

(४) एक सीसेके टुकड़ेकी तोल हवामें १५० ग्राम, पानीमें १३७ ग्राम और पैराफ़ीनमें (paraffin) १३८·५ ग्राम है। सीसे और पैराफ़ीनके वि० गु० (specific gravity) बताओ।

सीसेके टुकड़ेकी तोल हवामें = १५० ग्राम

,, ,, ,, पानीमें = १३७ ग्राम

∴ पानीमें तोलकी कमी = १३ ग्राम

∴ पानीकी टुकड़ेपर उछाल = १३ ग्राम

∴ हटे हुए पानीका भार = १३ ग्राम

∴ सीसेका वि० गु० $= \frac{\text{१५० ग्राम}}{\text{१३ ग्राम}}$

= ११·५४

सीसेके टुकड़ेकी तोल हवामें = १५० ग्राम

,, ,, पैराफ़ीनमें = १३८·५ ग्राम

∴ पैराफ़ीनमें तोलकी कमी = ११·५ ग्राम

∴ टुकड़ेपर पैराफ़ीनकी उछाल = ११·५ ग्राम

∴ हटे हुए पैराफ़ीनका भार = ११·५ ग्राम

परन्तु हटे हुए पानीका भार = १३ ग्राम

$$\therefore \text{ पैराफ़ीनका वि० गु०} = \frac{११\cdot५ \text{ ग्राम}}{१३ \text{ ग्राम}}$$

$$= \cdot८८५$$

अभ्यासार्थ प्रश्न—१६

(१) एक लकड़ीका बेलन (cylinder) पानीमें बिलकुल खड़ा तैरता है। यदि आधा बेलन पानीमें डूबा हुआ हो तो लकड़ीका आ० घ० क्या होगा ?

(२) एक आयताकार लकड़ीके टुकड़ेकी ऊंचाई ५० सें० मी० और उसका विशिष्ट गुरुत्व ·६ है। यदि इसका ऊपरी तल धरातलके समानान्तर हो तो उसकी ऊँचाईका कौनसा अंश पानी तलके ऊपर है ?

(३) एक लोहेके टुकड़ेका भार २७५ ग्राम है। पारेमें तैरानेसे इसके आयतनका $\frac{५}{९}$ भाग डूबा रहता है। यदि पारेका आ० घ० १३·५६ हो, तो टुकड़ेका आयतन और लोहेका आ० घ० निकालो।

(४) एक जहाज़की तोल १५०० टन है। स्वच्छ पानीवाली नदीसे यदि यह जहाज़ समुद्रमें जाय तो कितना ऊपर उठ जायगा ? पानी तलको स्पर्श करनेवाला जहाज़का (cross-section) मध्यच्छेद २०००० वर्गफुट है और नीचे भी ५·७ इंच तक इतना ही है। (समुद्रके पानीका आ० घ० १·०२६, और स्वच्छ पानीका घनत्व प्रति घन फुट ६२·५ पौंड है।)

(५) लकड़ीके एक बेलनकी ऊंचाई ८ फुट है और तोल ७५ पौंड है। यदि लकड़ीका विशिष्ट गुरुत्व ·८२ हो, तो १५ पौंडका बोझा रखनेसे बेलन कितना और डूब जायगा ?

(६) एक लकडीके आयताकार टुकड़ेके मान (dimension) ३'×२'×१$\frac{१}{२}$' हैं। पानीमें आधा डूबा हुआ इस प्रकार तैरता है, कि इसका सबसे छोटा तल धरातलके समानान्तर है। कितना बल लगानेसे पानीमें ६ इंच और डूब जायगा ?

(७) पीतलकी कटोरी पानीमें क्यों तैरती है यद्यपि पीतलका

की सहायतासे आपेक्षिक घनत्व, आयतन इत्यादि कितन शुद्धतापूर्वक मालूम किये जा सकते हैं। अब कुछ प्रयो संकेत मात्रके लिए नीचे लिख दिये जाते हैं। इनको कर लेने से विद्यार्थीको बहुत अच्छा अभ्यास हो जायगा।

अभ्यासार्थ प्रयोग

(१) तांबेके एक टुकड़ेको लेकर उसका विशिष्ट गुरुत्व निकालो।

(२) किसी टेढ़े मेढ़े ठोस टुकड़ेको लेकर उसका आयतन निकालो।

(३) किसी घोल वा तेल वा द्रवका आपेक्षिक घनत्व और घनत्व निकालो।

(४) पानीमें उतरानेवाली किसी वस्तुका आपेक्षिक घनत्व निकालो।

(५) एक रुपयेका आपेक्षिक घनत्व निकालो और शुद्ध चांदीके आपेक्षिक घनत्वसे मिलाओ।

(६) सोनेकी थालीमें शुद्ध सोना है वा मिलावटी--इसकी जांच करनेमें जो जो काम करोगे वह सब खूब समझा कर लिखो।

(७) पानीमें तैरनेवाली वस्तुका आपेक्षिक घनत्व कैसे निकालोगे? यह प्रयोग इस रीतिसे करना होगा—

तैरनेवाली वस्तुके साथ एक ऐसी भारी वस्तु बाँधनी पड़ेगी जो तैरनेवाली वस्तुको भी डुबो सके। इसलिए पहले ऐसी ही कोई भारी वस्तु लेकर उसको हवा और पानीमें तोल लो। इस भारी वस्तुको हम लंगर (sinker) कहेंगे।

तैरनेवाली वस्तुको हवामें तोलो।

दोनोंको बाँधकर पानीमें तोलो।

पानीमें तोलते समय किसी वस्तुमें हवाके बुलबुले न चिपके रह जायं। यदि कोई हों तो उनको कांचकी कलमसे

जुड़ा दो। इनके लगे रहनेसे पानी अधिक हटेगा। इसलिए पानीमें वस्तुओंका जितना भार होना चाहिए उससे कम होगा, क्योंकि जितना ही पानी हटेगा उतनी ही उसकी ऊपरी उछाल अधिक होगा।

नोटोंको इस तरह लिखो :—

हवामें तोलनेसे लंगरका भार ... ग्राम
पानीमें " " ... ग्राम
पानीमें लंगरके भारकी कमी = .. ग्राम (१)
तैरनेवाली वस्तुका हवामें भार = ... ग्राम (२)
हवामें लंगरका भार = ... ग्राम
∴ लंगर और तैरनेवाली वस्तुका हवामें भार = ... ग्राम
पानीमें " " " = .. ग्राम
∴ पानीमें दोनोंके भारकी कमी = ... ग्राम (३)

(१) से लंगरके भारकी कमी और (३) से दोनोंके भारकी कमी मालूम होती है। इसलिये (३)-(१) से अर्थात् इन दोनोंके अन्तरसे तैरनेवाली वस्तुके भारकी कमी मालूम होती है। यह कमी तैरनेवाली वस्तुके भारसे भी बढ़ जायगी। परन्तु इसमें कोई शंका न करनी चाहिए, क्योंकि भारकी कमीका तात्पर्य्य यह है कि उसपर उछाल उतनी है अथवा हटे हुए पानीका भार उतना है।

∴ हवामें तैरनेवाली वस्तुके भार अर्थात् (२) को उसी वस्तुसे हटे हुए पानीके भार अर्थात (३)-(१) से भाग देनेपर तैरनेवाली वस्तुका आपेक्षिक घनत्व निकल आवेगा।

१०—पदार्थोंपर तापका प्रभाव

पदार्थकी तीन अवस्थाएं

संसारके सारे पदार्थ तीन मुख्य भागोंमें विभक्त किये गये हैं—ठोस, द्रव, और वायव्य या गैस। इसलिए यदि तीनों प्रकारके एक एक, दो दो, या तीन पदार्थ लेकर उनपर तापका प्रभाव देखा जाय और उससे जो परिणाम निकले वही सब पदार्थोंके लिए मान लिया जाय तो अनुचित न होगा। परन्तु पहले इन तीनों प्रकारके पदार्थोंमें परस्पर भिन्नता वा समानता जानना आवश्यक है।

सोना, चाँदी, पीतल, मिट्टी, लोहा इत्यादि ठोस कहे जाते हैं; पानी, दूध, अल्कोहल, तेल इत्यादि द्रव; और हवा, भाप, इत्यादि वायव्य। ठोसोंका आयतन और रूप सदैव एकसा रहता है, यदि उनको बिगाड़नेवाला कोई काम न किया जाय। द्रवोंका आयतन एकसा रहता है, परंतु रूप उस बर्तनके अनुरूप होता है जिसमें वह रखे जाते हैं। वही तेल लंबी पतली शीशीमें रखनेसे बहुत ऊँचा देख पड़ता है और एक चौड़ी और बड़ी शीशीमें रखनेसे ज़रासा मालूम होता है, परंतु आयतन दोनों अवस्थाओंमें एक ही है। द्रवोंमें बहनेका गुण भी होता है अर्थात् वह ऊँचे स्थानसे नीचे स्थानको बहकर चले जाते हैं। इनका ऊपरी तल भी सदैव धरातलसे समानान्तर होता है। वायव्य पदार्थोंमें इन दोनों प्रकारके पदार्थोंसे भिन्नता होती है। न तो उनका कोई आयतन ही स्थिर रहता है और न रूप ही। वे बहते अवश्य हैं परंतु जिस बर्तनमें रखे जाते हैं उसमें फैलकर सारी जगहमें भर जाते हैं और यदि वह बर्तन खोल दिया जाय तो सारी कोठरी

उनमें भर जाती है। यह बात किसी गंधयुत वायु या भापसे प्रत्यक्ष हो जाती है।

द्रव और वायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ बहते हैं। इसलिए इनका साधारण नाम तरल (fluid) रख लिया गया है। आगे जहाँ कहीं 'तरल' शब्द प्रयोग किया जाय वहाँ द्रव और वायव्य दोनोंसे तात्पर्य होगा।

यह दिखाया जा सकता है कि एक ही पदार्थ ताप विशेषसे ठोस द्रव और वायव्य अवस्थाओंमें बदल जाता है। पानी साधारणतः द्रव है, परंतु गरमी बढ़ा देनेसे वा हवाके चलनेसे अदृश्य भाप होकर वायव होजाता है। वही विशेष सरदी पाकर ठोस बर्फ़ हो जाता है; सरदीके दिनोंमें घी या नारियलका तेल जमकर ठोस हो जाता है, गरमी पाकर पिघल जाता है और द्रव बन जाता है, बहुत गरमी पाकर वायव्य होकर उड़ भी सकता है इत्यादि; इसी तरह सोना, चांदी, बालू इत्यादि भी पिघलकर द्रव हो जाते हैं परंतु इनके लिए बहुत गरमी पहुँचानेकी आवश्यकता पड़ती है। कहा जाता है कि सूर्य्यमें लोहा, इत्यादि बहुतसी धातु वायव्य अवस्थामें ही मौजूद हैं।

ठोसोंपर तापका प्रभाव

बहुतोंने देखा होगा कि इक्के, गाड़ीवाले गरमीके दिनोंमें पहियोंकी हालोंको ठंडे पानीसे तर करते रहते हैं। पूछनेपर यह बतलाते हैं कि गरमीसे हाल ढीली पड़ जाती हैं। कदाचित् किसी विचारवान् लड़केके मनमें यह प्रश्न भी उठा होगा कि हाल पहियेपर चढ़ायी कैसे जाती है। इसके चढ़ानेकी रीति बड़ी सरल है। हालको समतल भूमिमें रख-

छड़की लम्बाईसे समकोण बनावे। सुईके छेदमें एक दूसरी लम्बी सुई या आलपीन घुसेड़ दो जिसमें वह स्टूलके तलपर सीधी खड़ी रहे।

चित्र २८

इस चित्रमें 'ट' लकड़ीके टुकड़े, 'क ख' छड़, 'भ' भारी वस्तु 'स' खड़ी हुई सुई और 'अ' गरम करनेवाली स्पिरिट लम्प या डिबिया दिखलायी गयी है।

जिस समय दोनों टुकड़ोंके बीचमें लम्पसे छड़ गरम किया जाता है, छड़ बढ़ने लगता है और बढ़नेके साथ दबी हुई सुईको भी लुढ़काता जाता है, जिसके लुढ़कनेसे उसके छेदमें पहिनाई हुई दूसरी सुई तिरछी होती जाती है। लम्प हटा लिया जाय तो छड़ सिकुड़ने लगता है और तिरछी सुई सीधी खड़ी होने लगती है। यदि ठंडा पानी छोड़कर छड़ तुरन्त ठंडा किया जाय तो वह बहुत जल्दी सिकुड़ जायगा और सुई एकबारगी सीधी खड़ी हो जायगी।

छड़के एक सिरेको भारी वस्तुसे दबानेका कारण केवल यही है कि वह सिरा दबा रहे जिससे छड़ इस ओर न बढ़ने पावे।

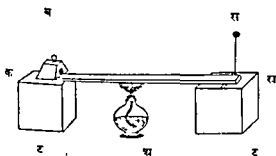
कर उसपर चारों ओर कंडे सुलगाये जाते हैं, जब वह खूब लाल हो जाती है उसे उठाकर पहियेपर चढ़ा देते हैं, और अच्छी तरह बैठ जानेपर पानीसे ठंडा कर देते हैं। ठंडसे हाल सिकुड़ जाती है और इतने ज़ोरसे पहियेको पकड़ लेती है कि मनुष्य उसको छुड़ा नहीं सकता। इसी साधारण अनुभवसे तीन बातें सिद्ध होती हैं--

गरम पदार्थके साथ ठंडा पदार्थ भी गरम हो जाता है। गरमीसे पदार्थ पहले फैलते हैं, पीछे सिकुड़नेमें बहुत बल लगाते हैं।

इसी कारण रेलगाड़ीकी पटरियाँ जहां जुड़ी रहती हैं वहां गरमीके दिनोंमें फैलनेकेलिए कुछ थोड़ासा अन्तर रखा जाता है। बिजलीद्वारा समाचार भेजनेकेलिए रेलकी पटरियोंके साथ साथ खम्भोंपर तार बँधे रहते हैं वह भी जाड़ेमें सिकुड़कर कुछ सीधे हो जाते हैं और गरमीमें फैलकर लटक पड़ते हैं। अब कुछ प्रयोग ऐसे वर्णन किये जाते हैं जिनके द्वारा पदार्थोंका गरमी पाकर फैलना दिखलाया जा सकता है।

प्रयोग ३५—किसी धातुके छड़के बढ़नेकी जांच।

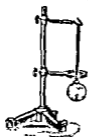
डेढ़ दो फुट लम्बा लोहा, ताम्बा या पीतलका कोई छड़ लकड़ीके टुकड़ोंके सहारे मेज़पर (चित्र २८) धरातलके समानान्तर रखो। यदि लकड़ीके टुकड़े न हों तो दो स्टूलोंको कुछ दूरीपर रखकर उन्हींपर छड़को रखो और देखो छड़ धरातलके समानान्तर मालूम होता है या नहीं। छड़का एक सिरा किसी भारी चीज़से दबा दो और दूसरे सिरेके पास ही छड़के नीचे एक बड़ी सुई इस प्रकार रखो कि वह

दूसरी लम्बाईमें समकोण बनावे। सुईके छेदमें एक दूसरी लम्बी सुई या आलपीन घुसेड़ दो जिसमें यह स्टूलके तलपर सीधी खड़ी रहे।

चित्र २८

इस चित्रमें 'ट' लकड़ीके टुकड़े, 'क ख' छड़, 'भ' भारी वस्तु 'स' खड़ी हुई सुई और 'थ' गरम करनेवाली स्पिरिट लम्प या डिबिया दिखलायी गयी है।

जिस समय दोनों टुकड़ोंके बीचमें लम्पसे छड़ गरम किया जाता है, छड़ बढ़ने लगता है और बढ़नेके साथ दबी हुई सुईको भी लुढ़काता जाता है, जिसके लुढ़कनेसे उसके छेदमें पहिनाई हुई दूसरी सुई तिरछी होती जाती है। लम्प हटा लिया जाय तो छड़ सिकुड़ने लगता है और तिरछी सुई सीधी खड़ी होने लगती है। यदि ठंडा पानी छोड़कर छड़ तुरन्त ठंडा किया जाय तो वह बहुत जल्दी सिकुड़ जायगा और सुई एकबारगी सीधी खड़ी हो जायगी।

छड़के एक सिरेको भारी वस्तुसे दबानेका कारण केवल यही है कि वह सिरा दबा रहे जिससे छड़ इस ओर न बढ़ने पावे।

प्रयोग ३६—धातुके गोलेके बढ़नेकी जांच।

चित्र २६ में जो यंत्र दिखलाया गया है उसमें एक डट्टेके सिरेके पास लगे हुए हुकके सहारे धातुका एक गोला डट्टेमें लगे हुए एक छल्लेके भीतरसे होकर लटक रहा है।

चित्र २६

जिस समय गोला ठंडा रहता है उस समय यह छल्लेमेंसे होकर नीचे ऊपर आता जाता है, परन्तु जब खूब गरम करके छल्लेपर रखा जाता है तो छल्लेपर रुका रहता है, और कुछ देरमें छल्लेमेंसे नीचे चला आता है। बात यह है कि जब गोला गरम किया जाता है बढ़ जाता है और छल्लेमेंसे आ जा नहीं सकता। परन्तु कुछ देरमें ठंडा होकर सिकुड़ जाता है और छल्ला गरम होकर बढ़ जाता है जिससे गोला नीचे गिर पड़ता है।

द्रवोंपर तापका प्रभाव

प्रयोग ३७—गरमी पहुंचा कर पानीके फैलनेकी जांच।

कांचकी एक कुप्पी (flask) लो जिसमें २०० वा २५० घन सेंटीमीटर पानी अंटता हो। इसमें एक काग खूब कसा हुआ लगाओ जिसमें एक छेद हो। इसी छेदमें दो तीन फुटके लगभग लम्बी कांचकी नली पहनाओ। इस बातका ध्यान रखो कि नलीका निचला सिरा कागके निचले तलसे उभड़ा हुआ न हो वरन् उसके बराबर हो। इस नलीका छिद्र जितना ही बारीक होगा उतनी ही शुद्धतापूर्वक फैलनेकी जांच हो सकेगी।

एक बड़े बीकरमें इतना पानी उबालो* कि ऊपरवाली कुप्पीके भरनेपर भी कुछ पानी बच जाय। ज़रासा कोई रंग डालकर पानीको रंग लेना और भी अच्छा होगा। जब पानी उबलने लगे तब झाड़नसे बीकरको पकड़कर बड़ी सावधानीसे कुप्पीमें पानी भर दो। काग लगानेपर कुछ पानी नलीमें चढ़ जायगा, कदाचित् कांचकी नलीके ऊपरी सिरेतक पानी पहुंच जाय। इसको अलग रख दो (चित्र ३०) ज्यों ज्यों पानी ठंडा होगा नलीमें उतरता जायगा। नली इतनी लम्बी होनी चाहिए कि जब पानी बिलकुल ठंडा हो जाय तब भी उसमें कुछ पानी रहे। इससे प्रकट हो जाता है कि ठंडा होनेसे पानी सिकुड़ता है। इसलिए गरमी पानेसे यह अवश्य बढ़ेगा जिसकी परीक्षा भी इस प्रकार की जा सकती है—

चित्र ३०

किसी बड़ी कुप्पीमें पानी खूब गरम करके या उबालकर एक बड़े गहरे (trough) तसलेमें रख दो। तसला इतना चौड़ा हो कि चित्र ३० वाली कुप्पी उसमें जा सके और पानीमें डूब सके। जिस समय यह कुप्पी गरम पानीमें डाली जायगी एक क्षणभर तो नलीका पानी कुछ नीचे उतरेगा, फिर चढ़ना आरम्भ होगा और चढ़ता ही जायगा। पानीका उतरना देखनेकेलिए बहुत ध्यान रखना पड़ेगा। नलीका छेद जितना ही बारीक होगा, उतना ही

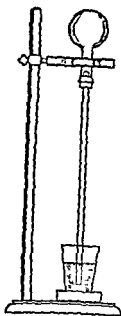
* उबालनेसे पानीमें घुली हुई हवा निकल जायगी जिससे फिर कुप्पी गरम करनेपर हवाके बुलबुले ऊपर आकर नलीमें न लग सकेंगे।

पानीका उतरना स्पष्ट दीखेगा। उतरनेका कारण जानते हो क्या है? कुप्पी एकबारगी गरम पानीमें छोड़ी जाती है तो पहिले कांच गरम होता है जिससे वही बढ़ता है और उसके बढ़नेसे कुप्पीका आयतन बढ़ जाता है जिससे पानी नीचे उतर आता है। यह यन्त्र किसी ज़्यादा गरम कमरेमें या धूपमें रखो तो पानी ऊपर चढ़ेगा और कहीं टंडे स्थानमें रखो तो पानी उतरेगा। इस तरह इससे दो स्थानोंकी गरमीकी तुलना भी की जा सकती है कि कहां अधिक गरमी है।

चित्र ३१

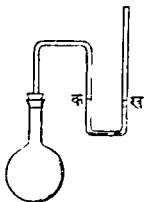
वायव्य पदार्थोंपर तापका प्रभाव

प्रयोग ३८—गरमी पाकर वायव्य-पदार्थों या गैसोंके बढ़नेकी जांच।

इसके लिए चित्र ३१ की भांति एक यन्त्र तैय्यार करो। इसमें एक डट्टेके छल्लेके सहारे एक उलटी कुप्पी रखी हुई है। उसके मुंहमें एक छेददार काग कसा हुआ है जिसमेंसे एक सीधी लम्बी नली लगी हुई है। इसका दूसरा सिरा बीकरके पानीमें डूबा हुआ है। कुप्पी और नली दोनों खाली हैं।

हाथोंसे कुप्पीका पेंदा अच्छी तरह ढक लेते हैं तो हाथों-की गरमीसे भी कुप्पीकी हवा फैलती है और जगह न

पाकर पानीमेंसे होकर बाहर निकल जाती है। इसी कारण नलीके छेदसे हवाके बुलबुले पानीमेंसे होकर निकलते हैं। हाथ अब हटा लें, तो हवा सिकुड़ेगी और जहाँकी हवा गर्मी पाकर निकल गयी थी वहाँ पानी चढ़ने लगेगा।

यदि यह यन्त्र धूपमें रखा जायगा एक दम बहुतसे बुलबुले निकलने लगेंगे क्योंकि धूपकी गर्मीसे हवा खूब फैलती है, और धूपसे कोठरीमें लाया जाये तो पानी एकाएकी नलीमें चढ़ने लगता है।

यह हवावाला यन्त्र तापकी तुलना करनेमें बहुत बारीकीके साथ प्रयोग किया जा सकता है। बतानीके लिए इसकी बनावटमें सरलता भी की जा सकती है जो चित्र १२ से प्रकट होता है। कुप्पी यदि हाथसे छुई जायेगी तो हाथकी गर्मीसे उसके भीतरकी हवा बढ़कर फैलेगी और एक नलीके भीतरवाले पानीको दबायेगी जिससे नली के 'क' नीचे उतरेगा

चित्र १०

चित्र ११

"जब कोई ठंडी वस्तु किसी गरम वस्तुसे लगी हुई या सटकर रखी रहती है तो गरमी गरम वस्तुसे ठंडी वस्तुमें आजाती है। जिस वस्तुसे गरमी निकलती है वह ऊंचे ताप-क्रमपर temperature कही जाती है और जिसमें गरमी प्रवेश कर जाती है वह नीचे ताप-क्रमपर होती है। जब दोनोंका ताप-क्रम समान हो जाता है, एकसे दूसरेमें गरमीका बहना रुक जाता है।"

ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुसे गरमी बहनेकी उपमा ऊंचे धरातलसे पानी बहनेके साथ देते हैं अर्थात् जैसे ऊंचे धरातलसे द्रव बहकर नीचे धरातलमें जाता है इसी तरह ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुसे गरमी बहकर निचले ताप-क्रमवाली वस्तुमें जाती है, और जैसे ऊपर-वाला द्रवतल घटता और नीचेवाला द्रवतल बढ़ता जाता है और बहना उसी क्षण बन्द हो जाता है जिस समय ऊपर नीचेके द्रवतल समान ऊंचाईपर हो जाते हैं, उसी भांति ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुका ताप-क्रम घटता जाता और निचले ताप-क्रमवाली वस्तुका बढ़ता जाता है और जब दोनोंके ताप-क्रम समान हो जाते हैं एकसे दूसरेमें गरमीका बहना रुक जाता है। यह कभी न समझना चाहिए कि ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गरमीका परिमाण सर्वदा अधिक होता है और निचले तापक्रमवाली वस्तुमें कम। ऊंचे ताप-क्रमका होना यह नहीं सूचित करता कि ताप-की मात्रा अधिक है वरन् यह सूचित करता है कि इसमेंसे ताप अधिक बह सकता है। लोहेका तार जो भट्टीमें लाल हो गया हो कपड़े या कागजमें छुलानेसे जला देगा, जो एक घड़ा उबलता हुआ जल भी छोड़नेपर नहीं जला सकेगा, यद्यपि घड़ेके उबलते हुए जलमें तापकी मात्रा अत्यन्त अधिक है। कारण यह है कि लाल गरम तारसे ताप अत्यन्त फुरतीसे बहता है जिससे छूते ही एकबारगी बहुत

चढ़ेगा। इसके प्रतिकूल यदि कुप्पीमें सरदी पहुंचायी जाय तो 'क' में पानी ऊपर चढ़ेगा और 'ख' में उतरेगा।

प्रयोग ३६—पानीमें गरमी पहुंचानेसे तेल कहांतक बढ़ सकता है?

ग—अड्डा क—थमना या चंगुल। छ—छल्ला। ल—स्पिरिट लम्प। थ—बीकर जिसमें पानी भरा हुआ है। और प—परख-नली जिसमें तेल भरा हुआ है, और जिसके मुंहमें एक छेदवाले कागकेद्वारा एक लम्बी कांचकी नली लगी हुई है। बीकरका पानी गरम करनेसे परख-नली का तेल गरमी पाकर बढ़ेगा और नलीमें चढ़ेगा। पानीको खूब गरम करते जाओ और देखो तेलका चढ़ना कहीं बन्द होता है या चढ़ता ही जाता है।

इसी प्रकार परख नलीको बर्फमें रखकर देखो तेल कहाँतक सिकुड़ता है।

इस प्रयोगसे यह पता चलता है कि जब पानी उबलता रहता है उस समय तेलका फैलना रुका रहता है और बर्फमें भी बहुत देरतक रखनेसे तेलका सिकुड़ना बन्द हो जाता है।

ताप और तापक्रम

यह साधारण अनुभवकी बात है कि जब कोई ठंडी वस्तु किसी गरम वस्तुको छूए रहती है तो गरम वस्तु ठंडी हो जाती है और ठंडी वस्तु गरम। जब दोनों बराबर गरम हो जाती हैं, दोनोंमेंसे बराबर गरमी निकलने लगती है और कुछ देरमें दोनों ठंडी हो जाती हैं। इसी बातको वैज्ञानिक भाषामें यों कहते हैं—

"जब कोई ठंडी वस्तु किसी गरम वस्तुसे लगी हुई या सटकर रखी रहती है तो गरमी गरम वस्तुसे ठंडी वस्तुमें आजाती है। जिस वस्तुसे गरमी जाती है वह ऊंचे ताप-क्रमपर temperature कही जाती है और जिसमें गरमी बहकर आती है वह नीचे ताप-क्रमपर होती है। जब दोनोंका ताप-क्रम समान हो जाता है, एकसे दूसरेमें गरमीका बहना रुक जाता है।"

ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुसे गरमी बहनेकी उपमा ऊंचे धरातलसे पानी बहनेसे साथ देते हैं अर्थात् जैसे ऊंचे धरातलसे द्रव बहकर नीचे धरातलमें जाता है इसी तरह ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुसे गरमी बहकर निचले ताप-क्रमवाली वस्तुमें जाती है, और जैसे ऊपर-वाला द्रवतल घटता और नीचेवाला द्रवतल बढ़ता जाता है और बहना उसी क्षण बन्द हो जाता है जिस समय ऊपर नीचेके द्रवतल समान ऊंचाईपर हो जाते हैं, उसी भाँति ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुका ताप-क्रम घटता जाता और निचले ताप-क्रमवाली वस्तुका बढ़ता जाता है और जब दोनोंके ताप-क्रम समान हो जाते हैं एकसे दूसरेमें गरमीका बहना रुक जाता है। यह कभी न समझना चाहिए कि ऊंचे ताप-क्रमवाली वस्तुमें गरमीका परिमाण सर्वदा अधिक होता है और निचले तापक्रमवाली वस्तुमें कम। ऊंचे ताप-क्रमका होना यह नहीं सूचित करता कि ताप-की मात्रा अधिक है वरन् यह सूचित करता है कि इसमेंसे ताप अधिक बह सकता है। लोहेका तार जो गरमीसे लाल हो गया हो कपड़े या कागज़में छुलानेसे जला देगा, जो एक घड़ा उबलता हुआ जल भी छोड़नेपर नहीं जला सकेगा, यद्यपि घड़ेके उबलते हुए जलमें तापकी मात्रा अत्यन्त अधिक है। कारण यह है कि लाल गरम तारसे ताप अत्यन्त फुरतीसे बहता है जिससे छूते ही एकबारगी बहुत

ताप पहुँच जाता है और कपड़ेका तापक्रम उस स्थान-पर इतना बढ़ जाता है कि कपड़ा जल उठता है।

तापक्रम नापनेकेलिए एक विशेष यंत्र काममें लाया जाता है क्योंकि स्पर्श इन्द्रियोंसे बारीकीके साथ तापक्रम नहीं जांचा जा सकता, वरन् कभी कभी बड़ा धोखा हो जाता है। इसके अतिरिक्त यदि तापक्रम अधिक हो तो हाथ जल जायगा।

प्रयोग ४०—स्पर्श इन्द्रियोंसे तापक्रम जांचनेमें कैसे धोखा हो जाता है ?

तीन कटोरी या प्यालियां कुछ कुछ अन्तरपर रखो। किनारेकी एक कटोरीमें गरम पानी रखो, दूसरेमें ठंडा और मध्यवाली कटोरीमें आधा गरम और आधा ठंडा। कुछ देरतक किसी हाथकी एक अंगुली गरम पानीमें डुबोये रहो और दूसरे हाथकी एक अंगुली ठंडे पानीमें। दोनों अंगुलियोंको निकालकर मध्यवाली कटोरीमें डुबो दो। जो अंगुली गरम पानीमें थी उसको मध्यवाली कटोरीका पानी ठंडा प्रतीत होगा और ठंडे पानीमें रखी हुई अंगुली-को वही पानी गरम। इससे प्रत्यक्ष है कि सर्दी गरमीका बोध होना शरीरकी पहलेकी अवस्थापर निर्भर है।

यह बात केवल स्पर्शेन्द्रियके साथ नहीं पायी जाती वरन् सारी इन्द्रियोंकी यही दशा है। यदि कोई बहुत मीठी वस्तु खाकर हलकी मीठी वस्तु खायी जाय तो फीकी लगेगी। धूपसे आये हुए मनुष्यको कोठरी अंधेरी मालूम होती है। यही हाल सुख दुःखको बोध करनेवाले मनका भी है।

तापमापक

जिस विशेष यंत्रसे तापक्रम नापा जाता है उसको ताप-क्रम-मापक (temperature measurer) कहा जा सकता है; परन्तु सुविधाकेलिए छोटा नाम (thermometer) थर्म्मा-मीटर या तापमापक रखा गया है। चित्र ३०-३२ में दिखाये हुए यंत्र तापमापकका काम दे सकते हैं लेकिन उनसे सुविधा नहीं होती। चित्र ३० वाले यंत्रमें पानी भरा जाता है। पानी-के गरम होनेमें देर लगती है, यह अधिक गरमी भी सोखता है और फैलनेमें भी कहीं कहीं कोई क्रम नहीं होता जो आगे उचित स्थानपर दिखलाया जायगा, इसलिए जल-तापमापक काममें नहीं लाया जाता। चित्र ३१, ३२ वाले तापमापकमें हवा होती है जो ज़रासी गरमीमें भी बहुत फैल जाती है, इसलिए इनमें बारीकी तो बहुत होती है क्योंकि तापक्रम-में थोड़ासा भी अंतर हो तो हवा फैलने या सिकुड़ने लगती है परन्तु साधारण कामोंमें पारेका बना हुआ तापमापक प्रयोग किया जाता है। इसके बनानेकी विधि यह है -

प्रयोग ४१—तापमापक बनानेकी क्रिया।

तापमापकमें दो अङ्ग होते हैं, घुंडी (bulb) और शाखा (stem)। घुंडीमें पारा भरा रहता है जो गरमी पाकर फैलता है और शाखाकी बाल सरीखी बारीक नलीमें चढ़ता है। नली जितनी ही बारीक होगी उतनी ही बारीकीसे तापक्रम मालूम होगा। पारा भरे जानेके पहले इसका रूप चित्र ३४ का सा होता है। इसमें शाखाके सिरेपर एक प्याली बनी हुई है। पारा भर चुकनेपर इसे अलग करके शाखाका मुँह बन्द कर दिया जाता है।

पारा भरनेकी क्रिया

प्यालीमें पारा भर दो। शाखाकी नली इतनी बारीक होती है कि प्यालीमें भर देनेसे ही पारा नलीमें नहीं उतरता। इसलिए घुंडीको पहले गरम करके फिर ठंडी करो। गरमीसे उसमेंकी हवा फैलकर नलीकी राहसे कुछ निकल जायगी और ठंडी होनेपर शेष वायुके सिकुड़नेसे जो स्थान बचता है उसमें कुछ पारा खिंच आयगा। इसी प्रकार कई बार घुंडीको गरम और फिर ठंडी करनेसे घुंडी पारेसे भर जायगी और शाखामें भी कुछ दूरतक पारा चढ़ जायगा। जब ठंडा होनेपर भी शाखामें कुछ दूरतक पारा चढ़ा रहे तब भरना रोक दो। दो एक बार इस पारेको उबाल डालो जिसमें पारेमें लगी हुई हवा बिलकुल निकल जाय। अब भी घुंडीमें इतना पारा होना चाहिए कि कुछ दूरतक नलीमें चढ़ा रहे। प्यालीमेंसे पारा निकाल लो।

चित्र १४ चित्र १५

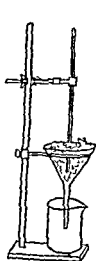
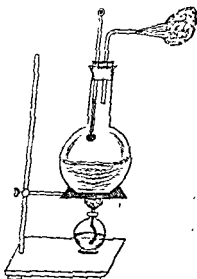
प्याली अलग करनेकेलिए उसके नीचे शाखाको खूब गरम करके गला लो। उसी समय घुंडीमें भी इतनी गरमी पहुंचानी चाहिए कि पारा फैलकर गले हुए स्थानतक पहुँच जाय। तब प्याली खींचकर अलग कर लो। (देखो चित्र १५) ऐसा करनेसे शाखाका मुंह बन्द हो जायगा। पारा गले हुए स्थानतक पहुंचानेका कारण यह है कि तापमापकमें वायु न

रहने पावे नहीं तो ऊंचे तापक्रमपर यह वायु फैलकर यन्त्रको तोड़ सकती है। केवल पारा ही भर देने और शीशा बन्द कर देनेसे शुद्ध तापमापक नहीं बन जाता।

ताप नापनेको भी इकाईकी आवश्यकता पड़ती है। उसकी इकाई यों स्थिर की गयी है—

प्रयोग २६ से यह ज्ञान होता है कि जिस समय पानी उबलता रहता है उस समय उसमें रखी हुई वस्तुका फैलना रुका रहता है अर्थात् वह उससे अधिक गरम नहीं होने पाती. जिससे यह सिद्ध होता है कि उबलते हुए पानीका या उसमें रखी हुई वस्तुका तापक्रम एकसा स्थिर रहता है क्योंकि गरमीके बढ़नेसे तापक्रम बढ़ता है और वस्तु फैलती है और वस्तुके फैलनेसे ही तापक्रमके बढ़ने घटनेका पता लगता है। जिस तापक्रमपर पानी उबलता है उसको पानीका क्वथनांक (boiling point) कहते हैं। इसी प्रकार जबतक कोई वस्तु पिघलती हुई बर्फ़में रखी रहती है उसका सिकुड़ना रुका रहता है। इस तापक्रमको बर्फ़का द्रवणांक (melting point) या पानीका हिमांक (freezing point) कहते हैं। इन्हीं दोनों तापक्रमोंको स्थिर समझकर इनके बीचवाले भागको १०० समान अंशोंमें विभक्त करते हैं। द्रवणांकको प्रारम्भ-बिंदु मानते हैं और क्वथनांकको १००; और ० और १००के बीचकी शाखाके १०० भाग मानकर बराबर बराबर चिन्ह कर देते हैं। इस तरह प्रत्येक भाग या अंश (degree) द्रवणांक और क्वथनांकके बीचवाले भागका सौवाँ भाग है। इसीलिए इसका नाम शतांश (centigrade degree) है। जिन तापमापकोंमें शतांश ही इकाई मानी जाती है उनको शतांश तापमापक (centigrade thermometer) कहते हैं।

प्रयोग ४२—द्रवणांकका चिन्ह पात्र-तापमापकमें कैसे बनाया जाता है ?

एक डट्टेमें एक छल्ला कसो और कीप (funnel) रखो। तापमापकको डट्टेके चंगुलमें (clamp) ऐसे लगाकर कस दो कि तापमापककी घुंडी कीपके छेदके पास रहे। (चित्र ३६)।

चित्र ३६
द्रवणांक निकालनेकी विधि

चित्र ३७
क्वथनांक निकालनेकी विधि

अब साफ़ बर्फ़के छोटे छोटे टुकड़े घुंडीके चारों ओर रखो जिनसे घुंडी और कुछ शाखा ढक जाय। स्वच्छ पानी कीपमें थोड़ा थोड़ा करके छोड़ो और बर्फ़के टुकड़ोंको धो डालो। ८,१० मिनिटके बाद जहाँ पारेका ऊपरी सिरा बहुत देरतक

एक ही जगहपर स्थिर रहे वहीं चिन्ह बना दो। इसका ध्यान रक्खो कि पारेका केवल सिरा बर्फ़के बाहर रहे और कुल पारा बर्फ़में बिलकुल ढका रहे। इसी चिह्नपर शून्य लिख देते हैं और इसको शून्य शतांश या ०°श (zero degree centigrade or 0°C.) पढ़ते हैं।

क्वथनांकका चिन्ह बनानेके लिए तापमापककी घुंडी और सारी शाखाको उबलते हुए पानीकी भापमें रखते हैं। जहां बहुत देरतक पारेका सिरा स्थिर रहता है वहीं एक चिह्न बना देते हैं। इन्हीं दोनों चिन्होंके बीचकी दूरी १०० अंशोंमें बांटते हैं। द्रवणांकके नीचे भी जहाँतक शाखा रहती है शतांशके चिन्ह बना दिये जाते हैं और शून्य शतांशसे नीचे होनेके कारण –१°श,–२°श –३°श इत्यादि पढ़े जाते हैं। शून्यके ऊपरवाले चिह्नोंको १°श, २°श अर्थात् १ शतांश २ शतांश आदि पढ़ते हैं। क्वथनांकके ऊपर भी चिह्न लगाये जाते हैं और वह १०१°श,१०२°श,११५°श इत्यादि पढ़े जाते हैं।

सुभीतेकेलिए तापमापककी घुंडी गोल नहीं वरन् लम्बी रखी जाती है। बने बनाये शतांश तापमापकका रूप चित्र ३८ की भांति होता है। इस चित्रमें तापमापकका ऊपरवाला और नीचेवाला भाग पूर्णतया दिखलाया गया है। ६°श से ६०°श के बीचवाला भाग नहीं दिखलाया गया क्योंकि स्थान अधिक लग जाता। ऐसे ताप मापकसे –११°से ११०° तक तापक्रम नापा जा

चित्र ३८

सकता है। चिन्ह तो इसमें एक एक शतांशके हैं परंतु अनुमानसे ·५ शतांशतक पढ़ा जा सकता है। अभ्यास करनेपर ·१,·२ शतांशतक भी तापक्रम पढ़ा जा सकता है।

तापमापकको भी शुद्धतापूर्वक और जल्दीसे पढ़नेकेलिए अभ्यासकी आवश्यकता पड़ती है। इसलिए नीचे दिये हुए प्रयोगोंको करनेका अवसर मिले तो प्रत्येक छात्रको स्वयम् विधिपूर्वक कर डालना चाहिए नहीं तो कमसे कम पाठक स्वयम् करें और प्रत्येक लड़केसे तापक्रम पढ़ाकर चुपकेसे किसी कागज़पर लिखाते जायँ और यह भी देखते जायँ कि कौन शुद्ध पढ़ता है। जो ठीक न पढ़ता हो उसको समझा दें।

नोट—तापमापकको कभी ऐसी गरम वस्तुमें न रखना चाहिए जिसका तापक्रम तापमापकके सबसे ऊपरवाले चिन्हसे भी बढ़ा हुआ हो। यदि अनजानमें ऐसा हो जाय तो झट हटा लेना चाहिए नहीं तो पारा फैलनेकेलिए स्थान न पाकर, नलीको फोड़कर निकल जायगा और तापमापक टूट जायगा।

प्रयोग ४३—कमरेमें रखे हुए बहुतसे द्रवोंका तापक्रम जानना।

परख-नलियोंमें भिन्न भिन्न द्रव, जैसे पानी, तेल, पारा अलकोहल, स्याही इत्यादि जो कुछ देरसे मेज़पर रखे हुए हों नली-दानमें (test-tube stand) रखो और वहां तापमापक प्रत्येक द्रवमें रखकर उसका तापक्रम लिख लो। एक द्रवसे दूसरे द्रवमें तापमानको ले जानेके पहले, द्रवको झाड़नसे खूब पोंछ लेना चाहिए। फिर अलमारीमें रखे हुए द्रवोंका तापक्रम जांचो और उनको भी लिखो। तापक्रमोंको इस तरह लिखो—

द्रवोंके नाम	मेज़पर रखे हुए द्रवोंके तापक्रम	अलमारीमें रखे हुए द्रवों-के तापक्रम	दूसरे कमरेकी मेज़पर रखेहुए उन्हीं द्रवोंके तापक्रम
पानी			
तेल			
पारा			
अल्कोहल			

इस प्रयोगसे जो परिणाम निकल सकता हो वह लिखो।

प्रयोग ४४—(क) एक कुप्पी और एक बीकरमें एक ही परिमाणका (२०० वा ३०० घ० सें० मी०) पानी छोड़ो और उनको एक ही प्रकारके लम्पसे जिनकी लौ प्राय समान हो गरम करो और परिणाम निकालो। (देखो वह किस तापक्रमतक गरम होते हैं और वहाँतक गरम होनेमें कितनी देर लगती है)।

(ख) जब दोनोंका तापक्रम बढ़ना बन्द हो जाय, लम्प बुझा दो, प्रत्येक-में एक एक तापमापक रखकर एक एक मिनटपर दोनोंके तापक्रम लिखो और पढ़ो। कमसे कम २० वा २५ बार तापक्रम लो। परिणाम क्या निकलता है? यों लिखो—

समय	कुप्पीवाले पानी-का तापक्रम	बीकरवाले पानी-का तापक्रम
(घं० मि० से०)	(शतांश)	(शतांश)

दोनोंके तापक्रम कब जल्दी उतरते हैं?

बहुत अच्छे अच्छे तापमापकोंके बनानेमें इस बातका विचार किया जाता है, अर्थात् उनमें द्रवणांक और क्वथनांक, पारा भरनेके कई वर्ष पीछे स्थिर किये जाते हैं। परंतु साधारण तापमापकोंको इतने दिनोंतक रख छोड़नेमें किफ़ायत नहीं होती, इसलिए दो चार हफ़्ते तक रखकर चिन्ह बना दिये जाते हैं। जिसका परिणाम यह होता है कि जब कांच कुछ दिनोंके बाद सिकुड़कर अपनी साम्यावस्थाको प्राप्त होता है, उसकी घुंडीका आयतन कम होनेसे पारा शाखामें चढ़ जाता है इसलिए द्रवणांक भी चढ़ जाता है।

मान लो बर्फ़में रखनेसे पारा ०.५° से नीचे नहीं उतरता तो तापमापकका द्रवणांक शून्य चिन्हको न समझना चाहिए वरन् ०.५°को। इसके अनुसार तापमापकका जो चिन्ह १०°श०-का तापक्रम सूचित करता है वह यथार्थमें ९.५°श है इत्यादि। परंतु सब चिन्होंको बिगाड़कर नया चिन्ह बनानेमें बड़ी कठिनाई पड़ेगी इसलिए एक कागज़में यह अशुद्धि लिखकर या तो तापमापकके सिरेपर डोरेसे बांध देते हैं या तापमापकके बक्सपर लिख देते हैं। इस तापमापकसे जब कभी तापक्रम नापना पड़ता है तब जिस चिन्हपर पारा पहुँचता है उसको न लिखकर अशुद्धि (०.५) घटानेसे जो अङ्क आता है वही लिखा जाता है। जैसे तापमापकसे तापक्रम ५०.५°श पढ़ा जाता है तो, यथार्थमें ५०°श है। इस अशुद्धिको घटाना पड़ता है, इसलिए इसको −०.५°की अशुद्धि लिखते हैं और यह अशुद्धि पढ़े हुए तापक्रममें जोड़ दी जाती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न–१७

(१) ऐसे दो प्रयोगोंका वर्णन करो जिनसे यह प्रकट हो जाय कि मुर गरमीसे फैलती है।

(२) यदि एक वस्तु जिसका तापक्रम बहुत ऊंचा हो, दूसरी वस्तुसे जो कम तापक्रमकी हो स्पर्श करती हुई रखी जाय तो क्या होता है?

(३) यह नियम जानकर कि गरमीसे वस्तु फैलती है क्या काम लिया जा सकता है?

(४) एक गरम कुप्पी औंधे मुँह एक बर्तनमें रखी गयी जिसमें कुछ पानी था। थोड़ी देरमें पानी कुप्पीकी गर्दनमें चढ़ता हुआ देख पड़ा। इसका कारण बताओ।

(५) शतांश तापमापकका एक चित्र दो और पारा भरनेकी रीति खूब स्पष्ट करके लिखो।

(६) पानी ठंडा करना हो तो कैसे बर्तनमें रखोगे?

(७) दूध बहुत देरतक गरम रखना हो तो कैसे बर्तनका प्रयोग करना चाहिए?

(८) जिस पानीमें नमक घुला हुआ हो वह जल्दी उबलने लगेगा कि स्वच्छ पानी?

(९) द्रवणांक और क्थनांकसे क्या तात्पर्य है?

(१०) शतांश तापमापकके नाम पड़नेका क्या कारण है?

११—भिन्न भिन्न तापमापकों की तुलना

शतांश और फ़ारनहैट तापमापक

अभी तक एक ही प्रकारका तापमापक बतलाया गया है जिसमें द्रवणांकको शून्य और क्थनांकको १०० मानकर उनके बीचकी दूरी १०० समान अंशोंमें बांट देते हैं। यह तापमापक सब देशोंमें वैज्ञानिक कार्य्योंमें और फ्रान्स देशमें सभी कार्य्योंमें प्रयोग किया जाता है। बृटिश देशमें (Fahrenheit) फ़ारनहैट तापमापक अधिकतर प्रयोग किया जाता है। इसलिए इसके

विषयमें भी जान लेना आवश्यक है। इसमें द्रवणांकको ३२° और क्वथनांकको २१२° कहते हैं। इनके बीचकी दूरीको १८० समान भागोंमें विभक्त करते हैं और प्रत्येकको फ़ारनहैट अंश कहते हैं। यदि फ़ारनहैट तापमापकमें पारा उस चिह्नतक रहे जहाँ ५० लिखा हो तो तापक्रम ५०° फ़ कहा जाता है, इत्यादि। यह स्पष्ट है कि फ़ारनहैट अंश शतांशसे छोटा होता है. क्योंकि १८० अंश क्वथनांक और द्रवणांकके बीचके १/१८० भागके समान होता है और शतांश १/१०० भागके समान। इसलिए १००° श = १८०° फ़ (or 100° C = 180° F)

या १° श = १.८° फ़;

या ५° श = ९ फ़

या १ फ़ = ५/९ श

शतांश तापक्रमसे फ़ारनहैट तापक्रममें और फ़ारनहैट तापक्रमसे शतांशमें लाना।

उदाहरण (१)—एक कमरेका तापक्रम शतांशतापमापकमें ३६° है। यदि फ़ारनहैट तापमापक होता तो उसमें कौनसा तापक्रम प्रकट होता?

३६°श० द्रवणांकसे ३६ अंश ऊपर है,

∴ ३६°श० = ३६° × $\frac{९}{५}$ फ़ द्रवणांकसे ऊपर

= ६४.८° फ़ द्रवणांकसे ऊपर

= ६४.८° फ़. ३२° फ़ के ऊपर

∴ फ़ा० तापमापकमें तापक्रम = ६४.८ + ३२

= ९६.८ फ़

उदाहरण २—शतांश तापमापकके द्वारा तापक्रम −५° होता है तो फ़ारनहैट तापमापकके द्वारा तापक्रम क्या होगा?

−५°श० = ५°श द्रवणांकके नीचे

विषयमें भी जान लेना आवश्यक है। इसमें द्रवणांकको ३२° और क्वथनांकको २१२° कहते हैं। इनके बीचकी दूरीको १८० समान भागोंमें विभक्त करते हैं और प्रत्येकको फ़ारनहैट अंश कहते हैं। यदि फ़ारनहैट तापमापकमें पारा उस चिह्नतक रहे जहाँ ५० लिखा हो तो तापक्रम ५० फ कहा जाता है, इत्यादि। यह स्पष्ट है कि फ़ारनहैट अंश शतांशसे छोटा होता है, क्योंकि फ० अंश क्वथनांक और द्रवणांकके बीचके १ १८० भागके समान होता है और शतांश १ १०० भागके समान। इसलिए १००° श = १८०° फ (or 100 C = 180° F)

या १° श = ९ ५ फ;

या ५° श = ९ फ

या १ फ = ५ ९ श

शतांश मापक्रमको फारनहैट तापक्रममें और फारनहैट तापक्रमको शतांशमें लाना।

उदाहरण (१)—एक कमरेका तापक्रम शतांशतापमापकसे ३६ है। यदि फ़ारनहैट तापमापक होता तो उसमें कौनसा तापक्रम प्रकट होता?

३६°श० द्रवणांकसे ३६ अंश ऊपर है,

$\therefore$ ३६°श० = ३६° × $\frac{९}{५}$ फ द्रवणांकसे ऊपर

= ६४·८° फ द्रवणांकसे ऊपर

= ६४·८° फ, ३२° फ के ऊपर

$\therefore$ फा० तापमापकसे तापक्रम = ६४·८° + ३२°

= ९६.८° फ

उदाहरण

$= ५° \times \frac{९}{५}$ फ द्रवणांकके नीचे

$= ९°$ फ द्रवणांकके नीचे, जो ३२° फ है।

इसलिए जो तापक्रम–५° शसे सूचित होता है वहाँ (३२–९)° फ २३° फ से सूचित होता है।

उदाहरण ३–फ़ारनहैट तापमापकके द्वारा एक द्रवका तापक्रम ९५° फ़ है तो शतांश तापमापकसे वही तापक्रम क्या पढ़ा जावेगा?

द्रवका तापक्रम = ९५° फ

९५° फ $= ९५° – ३२°$ फ द्रवणांकके ऊपर

$= ६३°$ फ द्रवणांकके ऊपर

$= ६३° \times \frac{५}{९}$ श द्रवणांकके ऊपर

$= ३५°$ श द्रवणांकके ऊपर जो ०° श है।

∴ शतांश तापमापकसे वही तापक्रम ३५°श पढ़ा जावेगा।

उदाहरण ४– १५° फ, शतांश तापमापकमें क्या पढ़ा जावेगा?

१५° फ $= ३२° – १५°$ फ द्रवणांकके नीचे

$= १७°$ फ द्रवणांकके नीचे

$= १७ \times \frac{५}{९}$ श द्रवणांकके नीचे

$= ९\cdot ४°$ श द्रवणांकके नीचे जो ०° श है

$= –९\cdot ४°$ श

उदाहरण ५–किस तापक्रमपर शतांश और फ़ारनहैट तापमापकोंमें पारा एक ही चिन्होंपर होगा?

मान लो वह तापक्रम क है।

अनुसार क° श = क° फ······(१)

क° श = क° शतांश द्रवणांकके ऊपर

(५) फ़ारनहैट तापमापकसे एक द्रवका तापक्रम ११०° पढ़ा जाता है। एक बिगडा हुआ शतांश तापमापक प्रयोग करनेसे उसी द्रवका तापक्रम ४४° पढ़ा जाता है। शतांश तापमापकमें कितनी अशुद्धि है?

(६) दो तापमापक समान घुंडीके हैं परन्तु शाखाके छिद्रोंकी चौड़ाईमें भिन्नता है। किस तापमानमें दोनों स्थिर चिन्होंके बीचकी दूरी अधिक होगी? इसको एक उदाहरण देकर समझाओ।

(७) तापमापकका छिद्र चौड़ा रखा जाय तो क्या दोष होगा?

फ़ारनहैट और शतांश तापक्रमोंका ग्राफ़

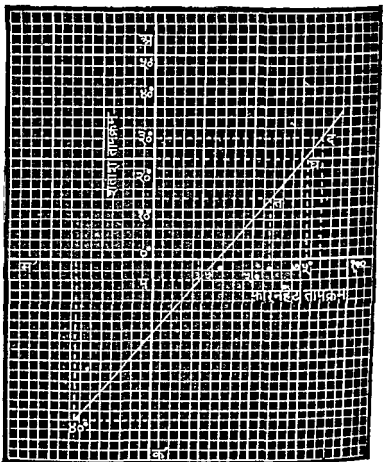
यह प्रत्येक विद्यार्थीकी समझमें आ गया होगा कि शतांश तापक्रमको फ़ारनहैट तापक्रममें वा फ़ारनहैटको शतांश तापक्रममें बदलनेकेलिए कुछ गणना करनी पड़ती है। यदि प्रत्येकके पास इन दोनों तापक्रमोंका एक ग्राफ़ (graph) रहे तो गणना करनेकी कोई आवश्यकता नहीं पड़ती। किसी दो परिमाणोंका ग्राफ़ वह सीधी वा वक्र रेखा है जो उन परिमाणोंका सम्बन्ध बतलाती हो। ग्राफ़का बनाना भी ऐसा सरल है कि सब कोई इसको स्वयम् बना सकता है। इसके खींचनेकी दो रीतियां हैं, (१) गणनाके द्वारा और (२) प्रयोगके द्वारा।

(१) गणना करके ग्राफ़ खींचना

मान लो गणना करनेसे दोनों तापक्रमोंका यह सम्बन्ध निकलता है—

१५° श = ५९° फ
२५° श = ७७° फ
३०° श = ८६° फ
४५° श = ११३° फ

फ़ाहरनहैट और शतांश तापक्रमोंका ग्राफ़

क

चित्र ३६ [देखो पृष्ठ १४४]

कौनसी आड़ी लकीर १५° श .को सूचित करती है। फिर देखो 'प्र स' रेखाको विभक्त करनेवाली कौनसी खड़ी लकीर ५६° फ सूचित करती है। देखनेसे पता लगता है कि ५६° फ ५५° और ६०° फ वाली रेखाओंके बीचमें है। इसलिए इन दोनोंके बीचकी दूरीको ५ मानसिक भागोंमें विभक्त करके ४ भाग छोड़ दिये गये, तब उसी स्थानसे खड़ी कटी हुई रेखा खींची गयी। जहां यह रेखा १५° श वाली रेखासे मिलेगी वहीं दोनों तापक्रमोंका बतलानेवाला विन्दु त समझना चाहिए। इसी प्रकार और विन्दुओंको जैसे थ, द, ध न इत्यादिको स्थिर कर लो। यदि एक सीधमें हों तो इनपर रूलसे रेखा खींचकर इधर उधर बढ़ा दो। यही रेखा शतांश और फ़ारनहैट तापक्रमोंका ग्राफ़ है।

यह ग्राफ़ 'प्रल' अर्थात् फ़ारनहैट तापक्रमको सूचित करने वाली रेखाको ३०° और ३५° फ के बीचमें काटता है और प्र क रेखाको लगभग १८° नीचेकी ओर अर्थात १७° पर। इससे यह प्रकट होता है कि जब शतांश तापक्रम ०° हो तो फ़ारनहैट तापक्रम ३० और ३५ के बीचमें होता है। वास्तवमें ०° श का तापकूम ३२° फ होता है। ग्राफ़के ठीक न खिंचनेसे यह अशुद्धि हुई है। और जब फ़ारनहैट तापकूम ०° हो तो शतांश-१८° होता है; वास्तवमें होना चाहिए-१७°.८ श। जिस समय शतांशमें-४०° तापकूम होता है, फारनहैटमें-४०° के लगभग होता है, यथार्थ में उस समय दोनों-४० होते हैं।

एक तापक्रमके दूसरे तापक्रममें बदलनेके लिए यों करना चाहिए—

मान लो ६७° श को फ़ारनहैट तापक्रममें बदलना है। देखनेसे मालूम होता है कि शतांश सूचित करनेवाली रेखा-

पर यह अंक 'ट' पर पड़ता है। यहांसे आड़ी लकीरके साथ साथ ग्राफ़की ओर चलो और जिस विन्दुपर ग्राफ़ मिल जाय जैसे 'ठ' यहांसे नीचे उतरो और देखो फ़ारनहैट तापक्रम-वाली रेखा कहां मिलती है। उदाहरणमें यह १५२ या १५३ के पास पहुंचती है इसलिए १५२·५ फ=६७ श। गणनासे ६७° श=१५२·६ फ। ट और ठ चित्रमें नहीं दिखाये गये हैं।

(२) दूसरी रीति यह है—

प्रयोग ४८—एक बीकरमें आधा पानी भरकर लोहेकी तिपाईपर (tripod stand) जाली (wire gauze) रखकर उबलनेतक गरम करो। लम्प बुझा दो और बीकरमें एक शतांश तापमापक और एक फ़ारनहैट तापमापक रखो और एक ही समय दोनों तापमापकोंसे पानीके तापक्रम देखो और इनको लिख लो। इसी तरह १५, या १६ बार कुछ कुछ देरमें तापक्रम नापो। इन्हींके सहारे ऊपरवाली रीतिके अनुसार ग्राफ़ खींचो।

इस बातका ध्यान रखो कि तापक्रम नापते समय ताप-मापककी घुंडी पानीके बाहर न निकली रहे और दोनों ताप-मापकोंकी घुंडियां एक दूसरेके पास हों और यथासाध्य एक दूसरेसे मिली रहें।

यदि समान समयमें तापक्रम नापना चाहो तो अकेले घड़ीको देखना और तापक्रमोंका पढ़ना दोनों नहीं हो सकते। इसलिए दो लड़कोंको मिलकर काम करना पड़ेगा। एक तापक्रम पढ़ता जाय और दूसरा घड़ी देखकर समय बतलाता जाय और तापक्रमोंको लिखता जाय। समय बतलानेवालेको चाहिए कि तापक्रम पढ़नेके उचित समयसे १० सेकंड पहले सूचना दे दे जिससे पढ़नेवाला सावधान

रेखाके समानान्तर है? स्थिर तापक्रमके नीचे मोम ठोस है व ऊ [देखो चित्र ४०]

यह स्थिर तापक्रम मोमका द्रवणांक कहलाता है।

३—गन्धकका द्रवणांक ऊपरवाली रीतिसे निकालो। १३०° श ॥ गन्धकको गरम करो और १००° श तक उतारकर लाओ चीत्र तापक्रमोंको खड़ी लकीर और समयको आड़ी लकीरसे सूचित करके ग्राफ खींचे

४—नफथलीनका द्रवणांक निकालो।

नोट—आरम्भमें जब अभ्यास कम रहता है परख-नलीमें रख किसी वस्तुको लम्पकी आंचमें सीधे गरम करनेमें एक तो भीतरकी व बराबर एक आंचपर देरतक नहीं रह सकती दूसरे परखनलीके कमरेश आं पाकर टूट जानेका डर रहता है इसलिए यदि कोई वस्तु १००° श तक गर करनी हो तो उसके लिए बीकरमें पानी आधा भर दो और उसी पानीमें व परख-नली रख दो जिसमें वस्तु गरम करनी है अब पानीको आंचसे गरम करो, जैसा प्रयोग ४६ में बतलाया गया है।

गंधक पिघलानेकेलिए पानीका प्रयोग करना अच्छा नहीं क्योंकि गंधक १००° श के ऊपर पिघलता है, और पानी १००° श से ऊपर गरम नहीं किया जा सकता, इसलिए उसके स्थानमें कोई तेल या ग्लिसरीन का ही प्रयोग करना उचित होगा।

द्रवणांक मालूम करनेकी दूसरी विधि

प्रयोग ४६—कांच-नलीका एक ५,६ इंचका टुकड़ा लेकर दोनों सिरोंको दोनों हाथोंसे पकड़कर बीचोंबीच लम्पसे गरम करो। गरम करते समय कांच-नलीको घुमाते जाओ जिसमें चारों ओर समान गरम हो—नहीं तो टूट जायगी। जब इतना पिघल जाय कि खींची जा सके तब निकालकर खींच लो जिससे एक पतली कांच-नली मोटाई $1\frac{1}{2}$ या २ मि० मी० हो निकल आवे। इसी सें० मी० लम्बी काटकर मोम या जिस किसी पदार्थका

अभ्यासार्थ प्रयोग

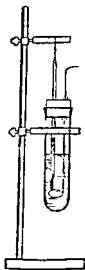
१—ऊपरवाले पानेके अंकोंके सहारे एक ग्राफ़ ऐसा खींचो जो पानीके ठंडा होनेकी चाल या रेट (rate) अर्थात् समय और तापक्रमके उतरनेका सम्बन्ध सूचित करे।

नोट १—समयको एक मोटी रेखामें और किसी एक खानेके तापक्रमों- को दूसरी मोटी रेखामें सूचित करके बिन्दुओंको स्थिर करो और रेखा खींचो।

नोट २—तापक्रमका उतरना सूचित करनेकेलिए खड़ी रेखा अच्छी होती है क्योंकि तापक्रमका चढ़ना खड़ी रेखाके द्वारा ऊपर जानेसे सूचित होता और उतरना, उसीपर नीचे आनेसे। समय आड़ी रेखामें सूचित होना चाहिए।

जो परिमाण चढ़ना उतरना सूचित करे वह खड़ी लकीरके द्वारा सूचित किया जाना चाहिए।

चित्र ४७

२—एक परख-नलीमें आधेके लगभग पैराफ़ीन मोमके छोटे छोटे टुकड़े रखो और लम्पसे बहुत धीमी आंचमें पिघला लो। जब सब पिघल जाय तो आंचसे हटाकर एक स्टैंडमें कसकर चित्र ४० की तरह रख लो और पिघले हुए मोममें एक तापमापक रख दो। तीस तीस सेकंडमें तापक्रमोंको लिखो, जब ३०° श तक तापक्रम उतर जाय, काम बन्द कर दो। बीच बीचमें कभी कभी तापमापकसे मोमको हिलाते जाओ परन्तु यह ध्यान रखो कि तापमापककी घुंडी मोमसे बाहर न निकलने पावे। तापक्रमोंको खड़ी लकीरसे और समयको आड़ी लकीरसे सूचित करके ग्राफ़ खींचो। कौनसा तापक्रम बहुत देरतक स्थिर रहता है और इस तापक्रमको बतलानेवाले बिन्दुओंपर खींची हुई रेखा किस

होकर अपनी आंख तापमापकोंपर ही गड़ाये रहे और उचित समयके आते ही अर्थात् घड़ी देखनेवालेके सूचना देते ही दोनो तापक्रमोंको बतला सके।

प्रति दो लड़कोंके पास एक सेकंड बतलानेवाली घड़ी न हो तो कोई एक लड़का या अध्यापक स्वयम् घड़ी ले लें और सब लड़कोंको उचित समयसे १० सेकंड पूर्व घंटी या किसी शब्दसे सूचित करदें। यह सुनते ही सब लड़के सावधान होकर तापमापकोंको देखने लग जायें और उचित समयकी सूचना देते ही सब, दोनों तापक्रमोंको लिख लें।

*यदि इतने तापमापक न हों तो एक लड़का एक प्रकारका तापमापक और दूसरा दूसरे प्रकारका उसी पानीमें रखकर तापक्रम अलग अलग पढ़े।

तापक्रमोंको लिखनेकेलिए पहलेसे नीचेकी तरह खाने खींच लेने चाहिएँ—

समयका अन्तर	शतांश तापक्रम	उसी मुक़ाबिलेका फ़ारनहैट तापक्रम
आरम्भमें......		
१ मिनिट पर		
२ " "		
३ " "		

* इस प्रयोगके करनेमें प्रत्येक लड़केको एक शतांश और एक फ़ारनहैट तापमापककी आवश्यकता पड़ेगी।

रेखाके समानान्तर है? स्थिर तापक्रमके नीचे मोम ठोस है या द्रव [देखो चित्र ४०]

यह स्थिर तापक्रम मोमका द्रवणांक कहलाता है।

३—गन्धकका द्रवणांक ऊपरवाली रीतिसे निकालो। १३०° श तक गन्धकको गरम करो और १००° श तक उतारकर लाओ बीचके ताप क्रमोंको खड़ी लकीर और समयको आड़ी लकीरसे सूचित करके ग्राफ़ खींचो

४—नफथलीनका द्रवणांक निकालो।

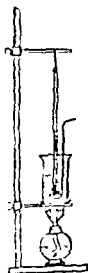
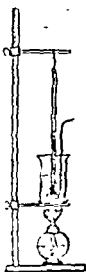
नोट—आरम्भमें जब अभ्यास कम रहता है परख-नलीमें रखकर किसी वस्तुको लम्पकी आंचमें सीधे गरम करनेमें एक तो भीतरकी वायु बराबर एक आंचपर देरतक नहीं रह सकती दूसरे परखनलीके कमबेश आंच पाकर टूट जानेका डर रहता है इसलिए यदि कोई वस्तु १००° श तक गरम करनी हो तो उसके लिए बीकरमें पानी आधा भर दो और उसी पानीमें वह परख-नली रख दो जिसमें वस्तु गरम करनी है अब पानीको आंचसे गरम करो, जैसा प्रयोग ४६ में बतलाया गया है।

गंधक पिघलानेकेलिए पानीका प्रयोग करना अच्छा नहीं क्योंकि गंधक १००° श के ऊपर पिघलता है, और पानी १००° श से ऊपर गरम नहीं किया जा सकता, इसलिए उसके स्थानमें कोई तेल वा ग्लिसरीन-का ही प्रयोग करना उचित होगा।

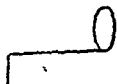
द्रवणांक मालूम करनेकी दूसरी विधि

प्रयोग ४६—कांच-नलीका एक ५,६ इंचका टुकड़ा लेकर दोनों सिरोंको दोनों हाथोंसे पकड़कर बीचोंबीच लम्पसे गरम करो। गरम करते समय कांच-नलीको घुमाते जाओ जिसमें चारों ओर समान गरम हो—नहीं तो टूट जायगी। जब इतना पिघल जाय कि खींची जा सके तब बाहर निकालकर खींच लो जिससे एक पतली कांच-नली जिसकी मोटाई $१\frac{१}{२}$ वा २ मि० मी० हो निकल आवे। इसी-मेंसे १ सॅ० मी० लम्बी काटकर मोम या जिस किसी पदार्थका-

द्रवणांक निकालना हो उस बारीक नलीमें भर दो। तापमापककी लम्बी घुंडीमें इसे डोरेसे कसकर बांध दो। तापमापकको बीकरके पानीमें रखकर डट्टेमें कसदो। (चित्र ४१)।

धीमी आँचसे बीकरका पानी गरम करो और मथनी (stirrer) या हिलानेवाले-से ऊपर नीचे पानी हिलाओ जिसमें चारों ओर गरमी बराबर फैले। नलिकाका मोम ज्यों ज्यों पिघलता जायगा पारदर्शक होता जायगा। इसी समय तापक्रम पढ़ना चाहिए। जब सब पिघल जाय, आंच हटाकर पानी ठंडा करो और मथनीसे हिलाओ। जब मोम जमने लगेगा अपारदर्शक होने लगेगा। यह तापक्रम भी पढ़ लो। यदि बहुत सावधानी की जावेगी तो जमने और पिघलनेके समयके तापक्रममें बहुत अन्तर न होगा। इसी तरह कई बार गरम और ठंडा करके तापक्रम पढ़ो और उसकी औसत निकालो। यही मोमका द्रवणांक होगा।

चित्र ४१

मथनी कैसे बनायी जाती है ?

८, १० इंच तांबेके

में पहुंच जाता है। द्रव और वायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ बहते हैं, इसी तरह गरमी फैलाते हैं और इसी गुणके सहारे गरम किये जाते हैं। इसको परिवाहन (convection) कहते हैं। परिवाहनके द्वारा ताप नीचेसे ऊपरको जाता है।

(३) तीसरी प्रकारसे ताप सभी दिशाओंमें बिना किसी वस्तुके सहारे ही फैलता है और सब दिशाएँ गरम होती हैं। इसको विकिरण (radiation) कहते हैं। इसके द्वारा गरमी एक ठोससे दूसरे ठोसमें जिनसे कोई लगाव नहीं है पहुंचती है। सूर्य्यसे पृथ्वीतक गरमी इसी प्रकार आती है। इस ताप-संचालनमें यह कोई आवश्यकता नहीं कि माध्यम (medium) भी गरम हो जाय। सूर्य्यसे गर्मी आते समय सूर्य्य और पृथ्वीके अन्तरालमें व्यापक आकाश (ether) और धरतीके वायुमंडलमें गरमी नहीं पहुंचती। हवा तो पृथ्वीकी गरमीसे गरम होती है।

अब प्रत्येकका वर्णन कुछ प्रयोगोंके साथ किया जायगा।

तापपरिचालन

प्रयोग ४३ से यह स्पष्ट हो चुका होगा कि कमरेमें रखी हुई सब वस्तुएँ साधारण अवस्थामें एक ही तापक्रमपर होती हैं परन्तु स्पर्श करनेसे यह अनुभव होता है कि कोई वस्तु ठंडी है और कोई कुछ ठंडी और कोई न ठंडी न गरम। यह बात जाड़ेके दिनोंमें या गर्मीके दिनोंमें विशेषकर पायी जाती है। कोई चीज़ इतनी ठंडी होती है कि हाथ बहुत देर-तक रखा नहीं जा सकता—ऐसी चीज़ें अधिकतर धातुकी होती हैं। लकड़ी, ऊन इत्यादिमें यह नहीं पाया जाता। बात यह है कि रहती तो सभी वस्तुएं एक ही तापक्रमपर हैं, परन्तु

बनाओ। फिर मेज़पर रखकर उस स्थानसे तार सीधा खड़ा करो जहांसे मोड़ आरम्भ होता है। ऊपरवाले सिरेको दूसरी ओर मोड़ दो। बस मथनी तैयार हो गयी। तब रूप चित्र ४२ (२) की भांति हो जायगा।

११—तापका फैलना

ताप परिचालन, तापपरिवाहन और ताप विकिरण—

एक स्थानसे दूसरे स्थानको ताप तीन तरहसे जाता है—

(१) जब किसी वस्तुका एक भाग गरम किया जाता है, ताप गरम स्थानसे उसके पासवाले ठंडे स्थानपर पहुंच कर उसको गरम करता है, फिर वहांसे उसके आगेवाला भाग गरम होता है, इसी तरह सारी वस्तु गरम हो जाती है। तापके इस प्रकार फैलनेको तापपरिचालन (conduction) कहते हैं। अपने इसी गुणसे ठोस पदार्थ गरम होते हैं। धातुकी वस्तुओंमें जैसे चीमटा, छड़ या तारका एक सिरा आगमें रखनेसे, इसी गुणके कारण दूसरे सिरेतक गरमी पहुंच जाती है।

(२) बहनेवाली वस्तुओंमें ताप एक भागसे दूसरे भागमें स्वयम् नहीं जाता वरन् एक अंशके गरम होनेसे जब वह गरम अंश फैलकर और हलका होकर ऊपर चला जाता है तब गरमी भी उसीके साथ साथ चली जाती है। उसी समय ठंडे स्थानसे ठंडी वस्तु भारी होनेके कारण गरमीके स्थानपर पहुंचकर गरम होती और ऊपर चली जाती है। इस तरह ताप गरम बहनेवाली वस्तुके साथ एक स्थानसे दूसरे स्थान-

ं पहुंच जाता है। द्रव और वायव्य दोनों प्रकारके पदार्थ
होते हैं, इसी तरह गरमी फैलाते हैं और इसी गुणके सहारे
रम किये जाते हैं। इसको परिवाहन (convection) कहते हैं।
रिवाहनके द्वारा ताप नीचेसे ऊपरको जाता है।

(३) तीसरी प्रकारसे ताप सभी दिशाओंमें बिना किसी
स्तुके सहारे ही फैलता है और सब दिशाएँ गरम होती हैं।
सको विकिरण (radiation) कहते हैं। इसके द्वारा गरमी एक
ससे दूसरे ठोसमें जिनसे कोई लगाव नहीं है पहुंचती है।
र्य्यसे पृथ्वीतक गरमी इसी प्रकार आती है। इस ताप-
चालनमें यह कोई आवश्यकता नहीं कि माध्यम (medium)
गरम हो जाय। सूर्य्यसे गर्मी आते समय सूर्य्य और पृथ्वी-
अन्तरालमें व्यापक आकाश (ether) और धरतीके
युमंडलमें गरमी नहीं पहुंचती। हवा तो पृथ्वीकी गरमीसे
म होती है।

अब प्रत्येकका वर्णन कुछ प्रयोगोंके साथ किया जायगा।

तापपरिचालन

प्रयोग ४३ से यह स्पष्ट हो चुका होगा कि कमरेमें रक्खी
सब वस्तुएँ साधारण अवस्थामें एक ही तापक्रमपर होती
परन्तु स्पर्श करनेसे यह अनुभव होता है कि कोई वस्तु
ी है और कोई कुछ ठंडी और कोई न ठंडी न गरम। यह
त जाड़ेके दिनोंमें या गरमीके दिनोंमें विशेषकर पायी
ती है। कोई चीज़ इतनी ठंडी होती है कि हाथ बहुत देर-
 रक्खा नहीं जा सकता—ऐसी चीज़ें अधिकतर धातुकी
ती हैं। लकड़ी, ऊन इत्यादिमें यह नहीं पाया जाता। बात
है कि रहती तो सभी वस्तुएं एक ही तापक्रमपर हैं, परन्तु

यह तापक्रम जाड़ेके दिनोंमें शरीरके तापक्रमसे नीचा होता है और गर्मीके दिनोंमें शरीरके तापक्रमसे बहुत अधिक। इसका परिणाम यह होता है कि जिन वस्तुओंमें गर्मी शरीरसे बहुत शीघ्रताके साथ निकलकर चली जाती है वह ठंडी प्रतीत होती हैं और जिन वस्तुओंमें तापको शीघ्रताके साथ ले जानेका गुण नहीं है वह इतनी ठंडी नहीं मालूम होतीं। गर्मीके दिनोंमें वही वस्तुएं अधिक गरम मालूम होती हैं जो जाड़ेके दिनोंमें ठंडी मालूम होती हैं क्योंकि इस समय इनमेंसे गर्मी बड़ी शीघ्रताके साथ निकलकर शरीरमें घुसने लगती है। इससे यह पता चलता है कि सभी ठोस वस्तुओंमें गर्मी एक ही चालसे नहीं परिचालन करती। जिनमें तापका परिचालन शीघ्रतापूर्वक होता है वह परिचालक (conductor) और जिनमें ताप बहुत कम परिचालन करता है उसको अपरिचालक (non-conductor) कहते हैं। परिचालकोंमें भी सोना सर्वोत्तम (best conductor of heat) तापपरिचालक है, उसके पीछे चांदी और चांदीके पीछे तांबा, इत्यादिका नम्बर आता है। परिचालनकी तुलना करनेकी कुछ मोटी रीतियां यह हैं—

प्रयोग ५०—तांबा, पीतल और लोहेका एक एक छड़ जो लम्बाई और मोटाईमें बराबर हों लो। उनमेंसे किसी एकको एक किनारे एक इंचकी दूरीपर मोड़कर समकोण बना दो और तीनोंको तांबेके तारसे मोड़से मिलाकर कसकर बांध दो (चित्र ४३)। इनको लोहेकी तिपाईपर ऐसे रखो कि तीनोंका जोड़ केन्द्रमें पड़े। प्रत्येक छड़के नीचे कोई लकड़ी या और अपरिचालक वस्तुका टुकड़ा रखदो जिससे त्रिपदस्तम्भको धातुसे स्पर्श न हो सके नहीं तो कुछ ताप वहींसे त्रिपदस्तम्भ-

में घुस जायगा। पिघला हुआ मोम पंखसे तीनोंपर बराबर चुपड़ दो। जम जाय तब लम्पसे जोड़को इस प्रकार गरम

चित्र ४३

करो कि सब तारोंमें गरमी समान लगे। जिस तारपरका मोम जल्दी दूरतक पिघल जायगा वह तीनोंमें सर्वोत्तम परिचालक है। उसके बाद वह होगा जिसमें गर्मी पहिलेसे कुछ मन्द चलती है, परन्तु तीसरेसे तेज। इसी प्रकार और पदार्थोंके परिचालकत्व (conductivity) की तुलनाकी जा सकती है।

प्रयोग ५१—ऊपरके दो सीधे तारोंको निकालकर किनारेसे समान दूरीपर पतला मोम चुपड़कर एक ही पदार्थके और समान तोलकी कुछ गोलियां चिपका दो और स्तम्भोंके द्वारा इनको धरातलके समानान्तर एक सीधमें सिरोंको मिलाकर रखो जिसमें दोनों समान भावसे गरम हो सकें

यह तापक्रम जाड़ेके दिनोंमें शरीरके तापक्रमसे नीचा होता है और गर्मीके दिनोंमें शरीरके तापक्रमसे बहुत अधिक। इसका परिणाम यह होता है कि जिन वस्तुओंमें गर्मी शरीरसे बहुत शीघ्रताके साथ निकलकर चली जाती है वह ठंडी प्रतीत होती हैं और जिन वस्तुओंमें तापको शीघ्रताके साथ ले जानेका गुण नहीं है वह इतनी ठंडी नहीं मालूम होतीं। गर्मीके दिनोंमें वही वस्तुएं अधिक गरम मालूम होती हैं जो जाड़ेके दिनोंमें ठंडी मालूम होती हैं क्योंकि इस समय इनमेंसे गर्मी बड़ी शीघ्रताके साथ निकलकर शरीरमें घुसने लगती है। इससे यह पता चलता है कि सभी ठोस वस्तुओंमें गर्मी एक ही चालसे नहीं परिचालन करती। जिनमें तापका परिचालन शीघ्रतापूर्वक होता है वह परिचालक (conductor) और जिनमें ताप बहुत कम परिचालन करता है उसको अपरिचालक (non-conductor) कहते हैं। परिचालकोंमें भी सोना सर्वोत्तम (best conductor of heat) तापपरिचालक है, उसके पीछे चांदी और चांदीके पीछे तांबा, इत्यादिका नम्बर आता है। परिचालनकी तुलना करनेको कुछ मोटी रीतियां यह हैं—

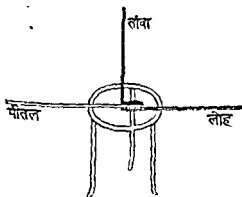
प्रयोग ५०—तांबा, पीतल और लोहेका एक एक छड़ जो लम्बाई और मोटाईमें बराबर हो लो। उनमेंसे किसी एकको एक किनारे एक इंचकी दूरीपर मोड़कर समकोण बना दो और तीनोंको तांबेके तारसे मोड़से मिलाकर कसकर बांध दो (चित्र ४३)। इनको लोहेकी तिपाईपर ऐसे रखो कि तीनोंका जोड़ केन्द्रमें पड़े। प्रत्येक छड़के नीचे कोई लकड़ी या और अपरिचालक वस्तुका टुकड़ा रखदो जिससे त्रिपदस्तम्भकी धातुसे स्पर्श न हो सके नहीं तो कुछ ताप वहींसे त्रिपदस्तम्भ-

में घुस जायगा। पिघला हुआ मोम पंखसे तीनोंपर बराबर चुपड़ दो। जम जाय तब लम्पसे जोड़को इस प्रकार गरम

चित्र ४३

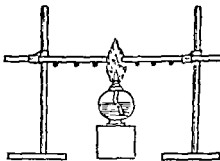
करो कि सब तारोंमें गरमी समान लगे। जिस तारपरका मोम जल्दी दूरतक पिघल जायगा वह तीनोंमें सर्वोत्तम परिचालक है। उसके बाद वह होगा जिसमें गर्मी पहिलेसे कुछ मन्द चलती है, परन्तु तीसरेसे तेज। इसी प्रकार और पदार्थोंके परिचालकत्व (conductivity) की तुलनाकी जा सकती है।

प्रयोग ५१—ऊपरके दो सीधे तारोंको निकालकर किनारेसे समान दूरीपर पतला मोम चुपड़कर एक ही पदार्थके और समान तोलकी कुछ गोलियां चिपका दो और स्तम्भोंके द्वारा इनको धरातलके समानान्तर एक सीधमें सिरोंको मिलाकर रखो जिसमें दोनों समान भागसे गरम हो सकें

में घुस जायगा। पिघला हुआ मोम पंखसे तीनोंपर बराबर चुपड़ दो। जब जाय तब लम्पसे जोड़को इस प्रकार गरम

चित्र ४३

करो कि सब तारोंमें गरमी समान लगे। जिस तारपरका मोम जल्दी दूरतक पिघल जायगा वह तीनोंमें सर्वोत्तम परिचालक है। उसके बाद वह होगा जिसमें गर्मी पहिलेसे कुछ मन्द चलती है, परन्तु तीसरेसे तेज। इसी प्रकार और पदार्थोंके परिचालकत्व (conductivity) की तुलनाकी जा सकती है।

प्रयोग ५१—ऊपरके दो सीधे तारोंको निकालकर तारोंमें समान दूरीपर पतला मोम चुपड़कर एक ही पदार्थके और समान तोलकी कुछ गोलियां चिपका दो ... ... को
द्वारा इनको
... करें

(चित्र ४४) और मोमके गलनेसे गोलियां नीचेकी ओर गिर सके। गरम करनेपर जो अच्छा परिचालक होगा उससे चिपकी हुई गोलियां पहिले गिरना आरम्भ करेंगी।

चित्र ४४

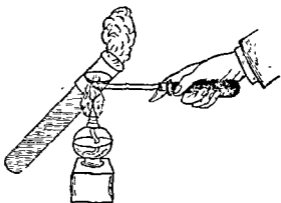
मोमके द्वारा गोलियाँ चिपकानेके स्थानमें यदि प्रत्येक छड़पर गरम किये जानेवाले सिरोंसे समान दूरीपर एक टुकड़ा (phosphorus) फास्फोरस या प्रस्फुर का रख दिया जाय तो अच्छे परिचालकमें वह पहिले जल उठेगा। परिचालकत्वकी कमी वेशी दिखानेकेलिए एक विचित्र प्रयोग किया जाता है जिससे पता चलता है कि धातुकी अपेक्षा लकड़ी बहुत कम परिचालक है। यों तो अनुभवसे सब जानते हैं कि जलती हुई लकड़ीके न जलते हुए भागको जहां थाम लेते हैं, वहां आगमें लाल लोहेके चीमटेका दूसरा सिरा भी थाम लेनेसे हाथ विना जले नहीं रह सकता। इस अनुभवसे तो स्पष्ट ही है कि लोहेमें ताप बहुत चलता है और लकड़ीमें नहीं। यही हाल कांचका भी होता है। कांच पिघलता रहता है और उस स्थानसे थोड़ी दूरीपर हाथसे पकड़े रहते हैं।

वह विचित्र प्रयोग यों किया जाता है—समान मोटाईके दो वेलन एक पीतल वा ताम्बेका हो और दूसरा लकड़ीका एक ही सीधमें सिरेपर जड़ दो। कागज़का एक पन्ना लेकर इनपर कसकर लपेटो जिसमें आधा कागज़ पीतलपर रहे और

कसा लकड़ीपर। अब यदि यह कसा हुआ कागज़ अग्नि-शिखामें रखा जाय तो कागज़का वह भाग जो लकड़ीमें लगा हुआ है जलने लगेगा परन्तु पीतल या ताम्बेपर कसा हुआ कागज़ ज्योंका त्यों रह जायगा। इसका कारण यह है कि कागज़ या किसी वस्तुको जलानेकेलिए उसको एक विशेष तापक्रमतक जिसको ज्वलन-विन्दु Ignition temperature कहते हैं, गरम करना पड़ता है। जो कागज़ लकड़ीमें लगा हुआ है वह अग्नि-शिखामें जलने लगता है क्योंकि जो गरमी अग्नि-शिखासे लकड़ीमें आती है वह लकड़ीके अपरिचालकत्वके कारण भीतर वस्तुतः घुस नहीं जाती वरन् ऊपर जमा होने लगती है जिससे कागज़का तापक्रम बहुत बढ़ जाता है और कागज़ जलने लगता है। पीतलमें लगा हुआ कागज़ नहीं जलता क्योंकि जो गरमी पहुँचती है वह एक ही स्थानमें ठहरने नहीं पाती वरन् तुरन्त पीतलमें फैल जाती है, इसलिए जबतक सारा पीतल उस तापक्रमतक गरम न हो जाय जिसपर कागज़ जलता है तबतक कागज़ नहीं जलेगा।

इसी गुणके सहारे कांचके बर्तन आंचसे टूटनेसे बचाये जाते हैं। लोहेके तारकी जाली कांचके बर्त्तनोंके पेंदेके नीचे रखकर जालीके नीचेसे आंच देते हैं जिससे गरमी चारों ओर फैलकर लगती है। नहीं तो कांचके अपरिचालकत्वके कारण एक ही स्थान बहुत गरम होकर फैलना चाहता और दूसरा गरमी न पाकर वैसा ही बना रहता और इस खींचा तानीमें बर्तन टूट जाता। यदि बत्तरकी जलती हुई गैसमें जालीका टुकड़ा ऊपरसे धीरे धीरे नीचे लाया जाय तो जालीके ऊपरवाली अग्नि-शिखा कुछ देरकेलिए कट जायगी

क्योंकि गरमी जालीमें फैल जाती है। कुछ देरमें जब जाली गरम होकर लाल हो जायगी तब ऊपर भी गैस जलने लगेगी मगर लौ उतनी लम्बी नहीं होगी। यदि बरनरके थोड़ी दूर ऊपर जाली थामकर गैस जलायी जाय तो जालीके ऊपर गैस जलेगी परन्तु नीचे नहीं, क्योंकि नीचेका तापक्रम जालीसे इतना नहीं बढ़ने पाता कि गैस जल उठे।

द्रवोंमें परिचालकत्व बहुत कम होता है। इसलिए इनको गरमकरनेकेलिए परिवाहन से ही काम लिया जाता है। यदि कोई बरतनके ऊपर आग रखकर पानी गरम करना चाहे तो

चित्र ४५

बहुत ज़्यादा आंच देकर बहुत थोड़ा काम निकलेगा। नीचेसे गरम करनेमें बहुत जल्दी कुल पानी गरम हो जायगा। यह एक प्रयोगसे स्पष्ट हो जायगा।

प्रयोग ५२—एक परखनलीमें तीन चौथाई पानी भरो और कुछ झुकाकर (चित्र ४५) सिरेवाला पानी लम्पसे

गरम करके खौला डालो। पेंदेको छूकर देखो, ठंडा है। परन्तु जहाँ पानी खौलता था वहाँ अंगुली रखना कठिन होगा।

तापपरिवाहन

प्रयोग ५३—एक गोल पेंदेवाले कांचके बरतनमें आधेसे अधिक पानी भरकर बैंजनी रवेदार रंगका एक रवा उसमें धीरेसे गिरा दो और बहुत छोटी लौसे पेंदेको गरम करो (चित्र ४६)। रंगदार पानी बीचमें ऊपर उठेगा और बगलसे नीचे उतरने लगेगा। इससे पता चलता है कि गरम पानी ऊपर उठता है और ऊपरका ठंडा पानी बगलमें नीचे आता है। इस तरह लहरें पैदा होती हैं और इन्हींसे सारा पानी गरम हो जाता है।

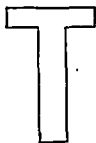
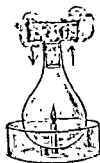
इसी गुणके कारण ठंडे देशोंमें एक स्थानमें आग जलाकर उसकी गरमी सारे मकानमें गरम पानीके नलोंके द्वारा पहुँचाते हैं और मकानको गरम रखते हैं। बड़ी पुस्तकोंमें इन बातोंका पूरा वर्णन मिलेगा।

चित्र ४६

एक प्रयोग बड़ा विचित्र है जो सभी अपने घरोंपर कर सकते हैं। इसलिए उसका वर्णन करना आवश्यक है। दृढ़ लचकदार काग़ज़का एक खुला सन्दूक बनाकर उसमें तीन-चौथाई पानी भरो और चारों किनारोंमें डोरा बांधकर डंडेमें लटका दो। अग्नि-शिखासे पेंदेको छुलाते हुए मन्द आंचसे सन्दूक गरम करो, पानी उबलने लगेगा किन्तु काग़ज़ न जलेगा। काग़ज़ जलानेकेलिए ऊंचे तापक्रमकी आवश्यकता पड़ती है, परन्तु जो गरमी काग़ज़में लगती है उसको उसके

गरमवाला पानी गरम होकर ऊपर बहा ले जाता है। इस तरह पानी तो कुल गरम हो जाता है। परन्तु कागज़के जलनेकेलिए गर्म्मी ही नहीं इकट्ठा हो पाती।

वायुमें ताप परिवाहन

यह नीचेके प्रयोगसे स्पष्ट हो जायगा।

प्रयोग ५४—आवश्यकीय वस्तुएं—लम्पकी एक चिमनी, एक छोटी मोमबत्ती, कुछ मोटा कागज़, कैंची, बीकरमें पानी और चपटे पेंदेका छिछला बर्तन। कागज़ लेकर चित्र ४७ की तरह काट लो कि चिमनीके ऊपरी मुँहमें दो मार्ग बनाता हुआ रखा जा सके।

चित्र ४७

खाली बर्तनमें मोमबत्ती रखकर जलाओ और इसको चिमनीसे घेर दो। बत्ती स्थिर होकर जलती रहती है। बीकरसे धीरे धीरे पानी इतना छोड़ो कि चिमनीका निचला मुँह पानीके भीतर हो जाय। थोड़ी देरमें मोमबत्ती बुझ जायगी। मोमबत्ती जलाकर और चिमनीके ऊपरी मुँहमें वही कटे हुए कागज़के द्वारा दो मार्ग बनाकर बलती हुई मोमबत्तीको फिर घेर दो। इस बार मोमबत्ती बलती रहेगी। (चित्र ४८) बुझेगी नहीं किन्तु लौ हिलती रहेगी स्थिर नहीं रहेगी। जिससे अनुमान होता है कि हवाका झोंका जा रहा है। इसी दशामें यदि हाथ चिमनीके कुछ

चित्र ४८

ऊपर लाया जाय तो परदेको एक ओर बड़ी गरमी मालूम होगी। जिधर गरमी मालूम होती है उसी रास्तेसे गरम हवा निकल रही है। जिधर गरमी नहीं है उधरसे ताज़ा हवा भीतर जाकर बत्तीको जलनेमें सहायता पहुँचाती है। इस (convection current) परिवाहन धाराके कारण बत्ती हिलती है। इसकी परीक्षाके लिए एक बादामी काग़ज़को कई पर्तोंमें लपेटकर एक सिरा जलाकर बुझा दो जिसमें काग़ज़ धीरे धीरे जले और धुआँ दे। इसी धुएंको चिमनीके कुछ ऊपर ले जाओ तो जिधर ठंडक मालूम होती है उसी मार्गसे धुआँ चिमनीमें घुसता हुआ दीखेगा और जिधर गरम हवा निकलती है उसी तरफ़से बाहर निकल आवेगा।

पहली बार जब बर्तनमें पानी नहीं छोड़ा गया था हवा नीचेसे धीरे धीरे जाती थी; इसलिए ऊपर दो मार्ग बनानेकी आवश्यकता नहीं पड़ी।

इस प्रयोगसे, बहुतसे परिणाम निकाले जा सकते हैं—

(१) हवा आने जानेकेलिए कमसे कम दो मार्ग होने चाहिएँ।

(२) बलनेकेलिए हवाकी आवश्यकता होती है।

मकानको हवादार बनाना—बरसातके दिनोंमें सभी ठंडी हवाकेलिए तरसते हैं परन्तु ठंडी हवा यदि बाहर बहती भी हो तो कोठरीमें नहीं आने पाती, क्योंकि हवाके आने जानेकेलिए कमसे कम दो मार्ग आमने सामनेकी दीवारोंपर होने चाहिएँ, और कोठरियोंमें प्रायः एक ही दरवाज़ा होता है। परन्तु यह याद रहे कि दोनों मार्ग एक सीधमें न हों क्योंकि इससे हवाका झोंका तो अवश्य आवेगा

गुणोंके जानने और पदार्थोंके पहिचाननेमें उनकी भिन्नता और समानता जाननी होती है, अर्थात् यह जानना पड़ता है कि अमुक पदार्थ किस पदार्थसे कौन कौन गुणोंके कारण भिन्नता और कौन कौनसे गुणोंमें समानता रखता है। इस भिन्नता और समानतासे ही पदार्थोंका पहिचानना और उनसे लाभ उठाना संभव है।

संसारके पदार्थोंका ज्ञान हमको पांच ज्ञानेन्द्रियोंसे होता है। त्वचासे छूकर जानते हैं कि पदार्थ नरम, कड़ा, चिकना, खुरखुरा, ठंडा, या गरम है। आंखोंसे रूप रंग पहचानते हैं। कानोंसे शब्दका भेद समझते हैं, नाकसे सब तरहकी गंध सूंघते हैं। जीभसे भांति भांतिके स्वाद चखते हैं। निदान, इन पांचों इन्द्रियोंसे किसी पदार्थके बारेमें हम अनेक बातें जान सकते हैं, और गुणोंकी समानता और भिन्नतापर विचार करके पदार्थोंको अनेक प्रकारोंमें विभक्त कर सकते हैं और हर एककी अलग अलग पहचान नियत कर सकते हैं।

अब हम थोड़ेसे उन गुणोंका वर्णन करेंगे जो इन्द्रियोंके सहारे हम सहज ही जान सकते हैं और जिनसे पदार्थोंका विभाग सहज ही हो सकता है।

पारदर्शिता (transparency)—जिस पदार्थके आरपार साफ़ साफ़ दीखता है उसे पारदर्शी और इस गुणको पारदर्शिता कहते हैं। हवा, पानी, कांच, बिल्लौरी पत्थर, अभ्रक इत्यादि सभी पारदर्शक हैं।

अपारदर्शिता (opacity)—जिस पदार्थके आरपार नहीं दीखता और प्रकाशमें उसकी छाया पड़ती है उसे अपारदर्शी (opaque) और इस गुणको अपारदर्शिता कहते हैं जैसे सोना, चांदी, मिट्टी, दीवार, काग़ज़, लकड़ी इत्यादि।

अल्पपारदर्शिता (translucence)—बहुतेरी वस्तुओंके आर-पार प्रकाश तो जाता है पर रूप नहीं दीखता, तथा मनुष्य उन्हें आंखके सामने रखकर दूसरी ओरकी वस्तु नहीं देख सकता। ऐसे पदार्थोंको (translucent) अल्पपारदर्शी कहते हैं और इस गुणको अल्पपारदर्शिता। जैसे तेलमें डुबोया हुआ कागज़, घिसा हुआ खुरखुरा कांच जो किवाड़ोंमें लगाया जाता है; लकड़ीकी छिपिया चिमनी इत्यादि।

भङ्गनशीलता (brittleness)—बहुतेरे पदार्थ चोट या दबाव पाकर चूर चूर हो जाते हैं जैसे कांच, पलुआ पत्थर, गन्धक, नमक, शोरा, मिट्टी इत्यादि। ऐसे पदार्थोंको (brittle) भङ्गनशील या कड़कीला कहते हैं।

आघातवर्धनीयता (malleability)—अनेक पदार्थ पीटकर फैलाये जा सकते हैं, जैसे सोना, चांदी, सीसा, प्लैटिनम इत्यादिमें यह गुण बहुत पाया जाता है। इसीलिए यह सब (malleable) आघातवर्धनीय कहलाते हैं।

भारीपन या घनत्व (density or compactness)—जिन पदार्थोंके अणु पास पास रहते हैं, थोड़े ही स्थानमें उनकी बहुतसी मात्रा अँट सकती है और इसीलिए वे दूर दूर अणु-वाले पदार्थोंकी अपेक्षा भारी मालूम होते हैं। सीसा, सोना, प्लैटिनम, पारा इत्यादि धातु पानीकी अपेक्षा भारी हैं।

अनेक पदार्थ मोड़े जानेपर अपनी पहली अवस्थामें नहीं लौट सकते। जैसे सोना, सीसा, इत्यादिकी पतली चद्दर और कागज़ इत्यादि। इसीलिए इनको चिमड़ा (pliable) कहते हैं।

लचीलापन (flexibility)—किसी किसी पदार्थको झुकाकर छोड़ देनेसे वह फिर अपनी पहली अवस्थाको लौट जाता है;

जैसे लोहेकी कमानी, गीला बांस, और कोई कोई लकड़ी, बेंत इत्यादि। इन पदार्थोंको लचीला (flexible) कहते हैं।

स्थितिस्थापकत्व (elasticity)—कुछ पदार्थोंको झुकाने मोड़ने, ऐंठने, दबानेकेबाद बल हटा लेा, ते। ये तुरन्त अपनी प्रथमावस्थामें स्थित हेा जाते हैं। यह (elastic) स्थितिस्थापक कहलाते हैं, जैसे रबड़, हवा [हवा भरे हुए गेंदसे हवाका स्थितिस्थापक होना सिद्ध है] इत्यादि।

रन्ध्रविशिष्टता या छेदीलापन (porosity)—कुछ पदार्थोंमें बारीक बारीक असंख्य रंध्र या छेद होते हैं। इन्हें (porous) रन्ध्रमय या छेदीला कहते हैं। जैसे, मरा बादल, झावाँ (pumice), बालूकी तह, स्याही सेाख, कोयला इत्यादि।

अभेद्यता—जिन पदार्थोंमें पानी नहीं घुस सकता उनको अभेद्य (impervious) कहते हैं।

जिन पदार्थोंमें चमकके साथ साथ किनारे और समतल होते हैं उनको रवादार (crystalline) कहते हैं और ऐसे पदार्थोंके टुकड़ोंको रवे (crystals) कहते हैं ; जैसे नमक, बिल्लौरी पत्थर, शेारा, तूतिया, हीरा।

जो पदार्थ रवादार नहीं होते वह बेरवा या अरूप (amorphous) कहलाते हैं, जैसे काजल, आटा, चिकनी मिट्टी इत्यादि।

जो पदार्थ पानीमें मिलकर उसमें लय हो जाते हैं, उसके स्वादको अपने स्वादका बना देते हैं, एक रस हो जाते हैं, और उनके रवे या कण गदलापन आदि रूपमें नहीं दीखते बल्कि उस जलके दूसरे पारकी वस्तु भी साफ़ दिखलायी देती है, उन पदार्थोंको पानीमें (soluble) घुलनशील कहते हैं जैसे

मिश्री, नमक इत्यादि। इस प्रकार एक पदार्थका दूसरे पदार्थमें अदृश्य या लय हो जानेको घुलना कहते हैं।

जो पदार्थ पानीमें नहीं घुलते, अनघुल (insoluble) कहलाते हैं, जैसे पत्थर, सोना, चांदी इत्यादि।

जो पदार्थ जल सकते हैं उनको दाह्य (combustible) कहते हैं जैसे लकड़ी, तेल, कोयला, काग़ज़ इत्यादि। इस गुणको (combustibility) दाह्यत्व कहते हैं। जलनेको दहन भी कहते हैं।

जो पदार्थ नहीं जलते, जैसे सोना, मिट्टी, लोहा, तांबा, कांच इत्यादि, अदाह्य (incombustible) कहलाते हैं।

पदार्थोंकी साधारण जाँच

इन सब गुणोंको जानकर किसी पदार्थके सम्बन्धमें कुछ कहा जा सकता है। स्मरण रहे कि वर्णन ऐसा स्पष्ट और निश्चित हो कि जो उस पदार्थको नहीं जानता वह वर्णनसे ही पहिचान सके। यदि इतना ही कहा जाय कि सीसा एक भारी धातु है, तो कुछ पता न चलेगा क्योंकि पारा, सोना इत्यादि भी भारी होते हैं। परन्तु जब यह कहा जाय कि सीसा ठोस होता है, रंग कुछ भूरा-काटनेपर चमकदार-होता है, इतना मुलायम होता है कि नाखूनसे भी खरोंचा जा सकता है और काग़ज़पर रगड़ने या खरोंचनेसे इसपर काली धारियां पड़ जाती हैं, पीटकर बढ़ाया जा सकता है, और मोड़नेसे मुड़ जाता है, और मुड़ा ही रह जाता है, थोड़ीसी आंचमें गलकर द्रव हो जाता है, तब पारेकी नाईं चमकता है, इत्यादि; तो सीसेके पहिचाननेमें कठिनाई न पड़ेगी। वर्णन करनेमें सब गुण क्रमसे लिखे जाने चाहिएँ। क्रमसे वर्णन करनेमें जिस

जिस विशेष इन्द्रियसे जो जो विशेष बात मालूम होती हैं वह सब एक साथ लिखना चाहिए, जैसे—

(१) आंखसे देखकर यह मालूम हो सकता है कि पदार्थ किस अवस्थामें है अर्थात वह ठोस है वा द्रव वा वायव्य; उसका रंग क्या है; पारदर्शक है वा अपारदर्शक वा अल्पपारदर्शक; बड़े बड़े टुकड़े हैं वा चूरा है; रवादार है या बे-रवा इत्यादि, बातें जो आंखसे प्रत्यक्ष हों, लिखो।

(२) नाकसे सूंघ कर देखो उस पदार्थमें कोई गन्ध है वा नहीं; यदि गन्ध है तो तीक्ष्ण वा मधुर वा उग्र; गन्ध सुखकर है वा दुःखकर:

(३) छूनेसे मालूम होता है कि पदार्थ कड़ा है वा नरम, सूखा है वा गीला, चिकना है वा खुरदरा, ठंडा है वा गरम।

(४) जीभसे चखकर देखा जाता है कि पदार्थ मीठा है वा खारा, वा नमकीन; खट्टा है वा कसैला या कड़वा। इस जांचकेलिए पदार्थको पहिले ही मुहमें न रख लेना चाहिए। पहिले बड़ों से और गुरु जीसे पूंछकर यह जान लो कि पदार्थ विषैला तो नहीं है वा इतना तीव्र तो नहीं है कि जीभको जला दे, क्योंकि बहुत से पदार्थ घातक होते हैं। इसलिए कोई वे जाना हुआ पदार्थ छुओ तो हाथ अवश्य धोलो। इस अभ्यासके रखनेसे धोखा नहीं होता।

(५) फिर और तरहसे जांचो; पीट कर देखो भंजनशील है वा आघातवर्द्धनशील, लचीला है वा स्थितिस्थापक, इत्यादि।

(६) देखो पानीके साथ इसका क्या व्यवहार है, अर्थात् घुलनशील है वा अघुल, पानीका रंग कैसा हो जाता है, पानी-

में छोड़नेसे ठंडक पैदा होती है या गर्मी। पानी सोख जाता है या नहीं। पानीमें बैठ जाता है या उतराता है इत्यादि।

(७) एक छोटीसी परख-नली या घड़ियामें पदार्थको थोड़ासा रखकर धीमी आंचसे गरम करो और देखो धुआँ निकलता है या टुकड़े टुकड़े हो जाता है या पिघल जाता है या पानी छोड़ता है या रंग बदलता है इत्यादि। यदि धुआँ निकलता है तो धुएंकी गन्ध कैसी है। यदि धीमी आंचसे पता न चले तो धीरे धीरे आंच बढ़ा दो और इन्हीं बातोंको देखो।

प्रयोग ५५—पदार्थोंकी पारस्परिक कठोरताकी तुलना। लोहा, लोहेकी कमानी, लकड़ी, सीसा, कांच, स्फटिक, ताम्बा, खड़िया मिट्टी और मोमको रख लो। इनमेंसे कोई एक लेकर देखो यह किस किसपर खरोंचनेका चिह्न बना देता है और किन किनसे स्वयम् खरोंचा जाता है। जिनको यह खरोंचता है उनसे कठोर है। जिनसे खरोंचा जाता है उनसे मुलायम है। कठोर पदार्थोंको एक किनारे रखो, मुलायमको दूसरे किनारे और इसको बीचमें।

इन कठोर पदार्थोंमेंसे कोई एक उठाकर देखो कि कौन कौन कठोर हैं और कौन कौन नहीं; कठोरोंको एक किनारे रखो, मुलायमोंको दूसरे किनारेपर और इसको बीचमें।

इसी प्रकार सबको एक दूसरेके पीछे ऐसा लगा दो कि जो सबसे कठोर हो; वह पहले स्थानमें, जो पहलेसे मुलायम हो परन्तु औरोंसे कठोर हो वह दूसरे स्थानमें; जो इन दोनों-से मुलायम हो परन्तु औरोंसे कठोर हो वह तीसरे स्थानमें रखा जाय, इत्यादि। अन्तमें वह आवे जो सबसे मुलायम हो।

नौसादरको सूखी परखनलीमें रखकर गरम करनेसे सफ़ेद सफ़ेद धुआंकी तरह कोई पदार्थ उठता हुआ और नलीके ऊपरी भागमें जमता हुआ मालूम होता है। यह स्वच्छ नौसादर है और इस तरह शुद्ध किया जाता है। जो ठोस पदार्थ आंच पानेपर बिना पिघले हुए उड़ने लगते हैं और उड़कर ऊपर जम जाते हैं उनके लिए कहा जाता है कि यह उर्ध्वपतन करते हैं। इस क्रियाका नाम (sublimation) उर्ध्वपातन है। कपूर भी इसी उर्ध्वपातनसे शुद्ध किया जाता है।

तूतिया पीसकर जब परख-नलीमें छोड़ा जाता है और धीरे धीरे गरम किया जाता है, नीलेसे सफ़ेद होने लगता है और नलीके ठंडे भागमें नमी या नन्ही नन्ही बूंदें जमने लगती हैं। यह वास्तवमें पानी है। रवादार तूतियामें यह पानी सदैव पाया जाता है, इसीलिए ऐसे पानीको (water of crystallization) स्फटिकी-करणका जल या रवेका पानी कहते हैं। इस जलके निकल जानेपर पदार्थ रवेदार नहीं रह सकता। जलकी बूंदें गरम परखनलीके तलमें फिर गिर पड़ें तो परखनलीके टूट जानेका भय रहता है। इसलिए परखनलीको गरम करते समय खड़ा न रखना चाहिए वरन् झुकाये रखना चाहिए, जिसमें पानी नीचे न गिर सके। जल इकट्ठा करना हो तो परखनलीको इस तरह (चित्र ४६) डट्टेमें कस दे कि पानी लौटकर फिर तूतियामें न टपक सके। सारी परखनलीको धीमी आंचसे गर्म करता रहे, जिसमें पानी वहां जमने ही न पावे। इसकेलिए लौको एक सिरेसे दूसरे घुमाना पड़ेगा। जब लौ हटानी हो तो पहिले दूसरी हटा लेना चाहिए नहीं तो पहिली परखनली-

पदार्थका नाम	देखनेमें	सूंघनेमें	छूनेमें	चखनेमें	पानीके साथ	गर्मीके साथ	और साधारण गुण	किस काममें आता है?
१-बिल्लौरी पत्थर	ठोस पारदर्शक,	निर्गन्ध	चिकना कठोर	स्वाद रहित	अघुल	टूट जाता है	भञ्जनशील	ऐनक बनाये जाते हैं
२ लोहा-	ठोस, अपारदर्शक, मटमैला रंग, रगड़ने पर चमकीला काली-	निर्गन्ध	चिकना या खुरखुरा कठोर	स्वाद रहित	अघुल	लाल गरम होकर पिघलने लग जाता है	कुछ कुछ पीटा जा सकता है तार खींचा जा सकता है। मुर्चा लग जाता है।	भांति भांति के अस्त्र शस्त्र बनाये जाते हैं।

कठोरताके विचारसे ऊपरवाली वस्तुएँ इस प्रकारसे रखी जायँगी—बिल्लौरी पत्थर, कांच, कमानीदार लोहा, लोहा, ताँबा, सीसा, लकड़ी, खड़िया और मोम।

कांच लोहेसे कठोर होता है यद्यपि लोहे या लकड़ीके ठोकरसे कांच भञ्जनशील होनेके कारण टूट जाता है क्योंकि लोहेका खरोंचनेका चिन्ह कांचपर नहीं पड़ता वरन् कांचका लोहेपर पड़ जाता है।

संसारमें सबसे कठोर वस्तु हीरा (diamond) है जो हथौड़ीसे तोड़ा जा सकता है परन्तु किसी पदार्थसे खरोंचा नहीं जा सकता। कांचके टुकड़ोंको सीधा काटनेकेलिए हीरेकी क़लमसे काम लेते हैं। इस क़लममें एक छोटासा हीरेका टुकड़ा जड़ा रहता है जिससे कांचकी चद्दरोंपर सीधी रेखाएँ खींच लेते हैं। बस इन्हीं रेखाओंपरसे कांचको तोड़ते हैं।

यदि कई पदार्थ जाँचकेलिए दिये जाँय और उनके साधारण गुण पूछे जायँ तो खाने बनाकर लिखनेसे बहुत स्पष्टता होगी, जैसा अगले पृष्ठपर दिये हुए खानोंसे प्रकट होगा—

मान लो बिल्लौरी पत्थर, कांच, कमानीदार लोहा, तांबा सीसा, लकड़ी और मोमके साधारण गुण जाँचने हैं।

इसी तरह और पदार्थोंकी भी सारिणी बनायी जा सकती है।

दैनिक कामोंमें आनेवाली बहुतसी वस्तुओंको जैसे नमक, सोडा, नौसादर, तूतिया, हीरा कसीस, शोरा, गन्धक, चूना, बालू, खड़िया मिट्टी, इत्यादिकी जांच करो और देखो इनमें क्या भेद है।

परख-नलीमें नौसादर या शोरा थोड़ा सा रखकर पानी छोड़नेपर, मालूम होगा कि पानी कुछ ठंडा हो जाता है।

के ठंडा होनेपर नीचेका पानी खिंचकर चला आवेगा और परखनली टूट जायगी। जब तृतियामेंसे सब रवेका पानी

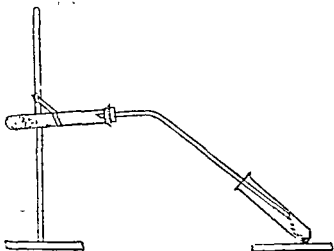
चित्र ४६

निकल जाता है, उसको बनाई (anhydrous) अर्थात् जल-हीन कहते हैं।

हीरा कसीस (green vitriol) में भी रवेका पानी रहता है। इसके निकल जानेपर अबाई हीराकसीस भूरे रंगका हो जाता है। यह तेज़ आंचसे गरम किया जाय तो तीक्ष्ण गंधका धुआं निकलता है और हीराकसीस ईंटके रंगका हो जाता है। यह वैसा ही पदार्थ है जैसा लोहेपर प्रायः मुरचा होता है। तीक्ष्ण गंधवाला धुआं यदि जमाया जाय तो तेल-की तरह एक द्रव बन जाता है, जिसको अंग्रेज़ीमें होरा कसीस-

नौसादरको सूखी परखनलीमें रखकर गरम करनेसे सफ़ेद सफ़ेद धुआंकी तरह कोई पदार्थ उठता हुआ और नलीके ऊपरी भागमें जमता हुआं मालूम होता है। यह स्वच्छ नौसादर है और इस तरह शुद्ध किया जाता है। जो ठोस पदार्थ आंच पानेपर बिना पिघले हुए उड़ने लगते हैं और उड़कर ऊपर जम जाते हैं उनके लिए कहा जाता है कि वह उर्ध्वपतन करते हैं। इस क्रियाका नाम (sublimation) उर्ध्वपातन है। कपूर भी इसी उर्ध्वपातनसे शुद्ध किया जाता है।

तूतिया पीसकर जब परख-नलीमें छोड़ा जाता है और धीरे धीरे गरम किया जाता है, नीलेसे सफ़ेद होने लगता है और नलीके ठंडे भागमें नमी या नन्ही नन्ही बूंदे जमने लगती हैं। यह वास्तवमें पानी है। रवादार तूतियामें यह पानी सदैव पाया जाता है, इसीलिए ऐसे पानीको (water of crystallization) स्फटिकी-करणका जल या रवेका पानी कहते हैं। इस जलके निकल जानेपर पदार्थ रवेदार नहीं रह सकता। जलकी बूंदें गरम परखनलीके तलमें फिर गिर पड़ें तो परखनलीके टूट जानेका भय रहता है। इसलिए परखनलीको गरम करते समय खड़ा न रखना चाहिए वरन् झुकाये रखना चाहिए, जिसमें पानी नीचे न गिर सके। जल इकट्ठा करना हो तो परखनलीको इस तरह (चित्र ४६) डट्टेमें कस दें कि पानी लौटकर फिर तूतियामें न टपक सके। सारी परखनलीको धीमी आंचसे गर्म करता रहे, जिसमें पानी यहां जमने ही न पावे। इसकेलिए लौको एक सिरेसे दूसरे सिरेतक घुमाना पड़ेगा। जब लौ हटानी हो तो पहिले दूसरी परखनलीको हटा लेना चाहिए नहीं तो पहिली परखनली

के ठंडा होनेपर नीचेका पानी खिचकर चला आवेगा और परखनली टूट जायगी। जब तूतियामेंसे सब रवेका पानी

चित्र ४६

निकल जाता है, उसको अनार्द्र (anhydrous) अर्थात् जल-हीन कहते हैं।

हीरा कसीस (green vitriol) में भी रवेका पानी रहता है। इसके निकल जानेपर अनार्द्र हीराकसीस भूरे रंगका हो जाता है। यह तेज़ आंचसे गरम किया जाय तो तीक्ष्ण गंधका धुआं निकलता है और हीराकसीस ईंटके रंगका हो जाता है। यह वैसा ही पदार्थ है जैसा लोहेपर प्रायः मुरचा होता है। तीक्ष्ण गंधवाला धुआं यदि जमाया जाय तो तेल-की तरह एक द्रव बन जाता है, जिसको अंग्रेज़ीमें हीरा कसीस-

का तेल (oil of vitriol) कहते हैं। परन्तु यह तेल कदापि नहीं है। यह गंधकाम्ल या गंधकका तेज़ाब है जो अधिक परिमाणमें लोहा और गंधकके एक खनिज पदार्थसे बनाया जाता है। एक बूंदमें थोड़ासा पानी मिलाकर चखनेसे खट्टा मालूम होता है। ईंटके रंगवाला हीराकसीस अनार्द्र हीराकसीस नहीं कहा जा सकता क्योंकि इसमेंसे केवल पानी ही नहीं निकल गया है वरन् गंधकाम्ल भी उड़ गया है। यह बचा हुआ पदार्थ मोरचा ही है। यदि सब तेज़ाब न निकला होगा तो कुछ इसका अंश भी छूटा होगा। इसके जाननेकेलिए थोड़ीसी ठंडी रंगीन बुकनीको हाथमें रखकर एक या दो बूंद पानी मिलाओ। मलनेपर बड़ी गरमी मालूम होगी, जैसा तेज़ गन्धकके तेज़ाब और पानीके मिलनेपर गरमी निकलती है।

बरसातमें नमक गीला हो जाता है। इसका कारण यह है कि बरसातमें हवा गीली होती है अर्थात् उसमें जल-वाष्प बहुतायतसे होता है; और नमकमें जल-वाष्पके सोखनेका गुण होता है; इसलिए नमक पसीज उठता है। ऐसे पदार्थोंको जो हवासे जलवाष्प खींचकर पसीज उठते हैं (deliquescent) पसीजनेवाले कहते हैं और इस क्रियाको (deliquescence) पसीजन कहते हैं।

जिन पदार्थोंमें रवेका जल बहुतायतसे होता है वे हवामें रखे जायँ तो कुछ जल उड़ जाता है और ऊपरी तल अनार्द्र हो जाता है। इसलिए बाहरी रूप वैसा ही ये रवा या अरूप हो जाता है, जैसे किसी दीवार या पृथ्वीमें नोना लगा हो। इस क्रियाको नोना लगना (efflorescence) कहते हैं यह बात सोडाके रवेमें विशेषकर पायी जाती है। इसी

कारण मामूली सोडा रवादार नहीं पाया जाता। तूतिया इत्यादिमें थोड़ी बहुत यही बात पायी जाती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न—१६

(१) यदि पाँच पदार्थोंको कठोरताके विचारसे श्रेणीबद्ध करना हो तो क्या करोगे?

(२) कैसे पदार्थोंको घुलनशील कहते हैं? घुलनशील पदार्थोंके चार उदाहरण दो।

(३) दुनियामें सबसे कठोर पदार्थ क्या है? इसके बारेमें तुम क्या जानते हो?

(४) पांच पारदर्शक और तीन अपारदर्शक पदार्थोंके नाम लिखो।

(५) रन्ध्रयुक्त पदार्थ किस काममें लाये जाते हैं?

(६) खड़िया मिट्टी और चूनेके बारेमें जो कुछ जानते हो लिखो।

(७) फिटकिरीमें रवेके पानीका होना कैसे जानोगे?

(८) नीचे लिखी वस्तुओंपर गर्मीका क्या प्रभाव पड़ता है—तूतिया, नौसादर, बालू, नमक, और मेगनेशियम?

घुलनशीलता

किसी किसी कुएंका पानी खारी होता है। इसके कारण-पर विचार करना चाहिए। कारणको जाननेकेलिए यह देखना चाहिए कि किन किन और कहाँ कहाँके कुओंका पानी खारी है। यह बहुधा देखा गया है कि पुराने शहरों और पुरानी पुरानी बस्तियोंमें जो कुआं खोदा जाता है वह खारी पानीका निकलता है। नये बसे हुए गावों और मैदानोंमें खारी पानीका कुआं कहीं देखनेमें नहीं आता। इससे समझ पड़ता है कि शहरोंमें संडासों इत्यादिके कारण जो खारी पदार्थ रासायनिक क्रियाओंसे बन जाते हैं, वर्षाके पानी द्वारा नीचे घुस जाते हैं और कुओंके पानीमें मिल जाते हैं, यद्यपि

पानी देखनेमें बड़ा स्वच्छ होता है। ऐसे पानीमें घुलनशील पदार्थोंका होना एक प्रयोग द्वारा जांचा जा सकता है।

प्रयोग ५६—स्वच्छ खारी पानीमें खारी पदार्थोंकी परख।

(१) यदि केवल यह जानना हो कि खारी पदार्थ पानीमें मौजूद है या नहीं, छटांक आध छटांक पानी लेकर एक प्यालीमें इतना खौलाओ कि सारा पानी उड़ जाय। सूखनेपर जो पदार्थ तलीमें रह जाता है वही खार है जो पानीको खारी बनाता है।

इस सरल प्रयोगमें यह दोष है कि अभ्यास रहित मनुष्योंके हाथ, आंच अत्यन्त घट बढ़ जानेसे प्याली जो (porcelain पोर्सलेन) चीनीकी बनी होती है टूट जाती है और जब कुछ पानी रह जाता है तो घुला हुआ पदार्थ फदफदा कर बाहर छिटकने लगता है। इन कठिनाइयोंको दूर करनेकेलिए या तो किसी एनामेल की हुई लोहेकी प्यालीमें या चीनीकी प्यालीमें जो जालीपर या छोटे तवेपर बालू पतला फैलाकर उस बालूपर, या खौलते हुए पानीकी भापपर रखी हुई हो, भरकर पानीको उड़ा देते हैं। इन रीतियोंसे आंच ठीक ठीक पहुँचती रहती है। जालीपर या बालूपर फदफदानेका दोष रहता है पर भापपर यह दोष भी नहीं रहता चुपचाप पानी सूख जाता है। पानीकी भापसे गरम करनेकेलिए प्यालीको एक छोटीसी कड़ाहीमें रखते हैं जिसमें पानी जैसी आवश्यकता हो भरा रहता है, और इसी कड़ाहीको आंचके ऊपर रखकर गरम करते हैं। प्याली कड़ाहीवाले पानीको छुए नहीं रहती, केवल पानीकी भाप आकर प्यालीको गरम करती रहती है। इसीलिए कड़ाही ढकनदार होती है जिसके बीचमें प्यालीके पेंदेके बराबर छेद रहता है। जैसा काम पड़े वैसे ही छोटी बड़ी

प्याली चढ़ायी जाती हैं; इसलिए ढक्कन भी कई रहते हैं किसी-का छेद बड़ा रहता है और किसी का छोटा और किसीका मझोला। इन ढक्कनोंसे एक लाभ यह भी होता है कि भाप और किसी मार्गसे नहीं निकल सकती, वरन् इकट्ठा होकर प्यालीके पेंदेपर लगती हुई बाहर निकलती है जिससे ताप व्यर्थ नहीं नष्ट होने पाता। यह ढक्कन छोटी बड़ी चिपटी चूड़ी जैसे होते हैं। जब सबसे बड़े छेदवाले ढक्कनके ऊपर दूसरा रखा जाता है बड़ा छेद ढक जाता है और दूसरेका छेद बीचमें पड़ जाता है; तीसरा जब दूसरेपर रखा जाता है तो दूसरेका छेद ढक जाता है और तीसरेका छेद बीचमें आ जाता है। ऐसी कड़ाही को (वाटरबाथ water bath) जल कुंडी कहते हैं। इसको जिस तरह रखकर बेसिन या कुप्पी इत्यादि गरम करते हैं, उसका चित्र नीचे दिया जाता है।

१–प्याली
२–जल–कुंडी
३–लोहेकी तिपाई
४–स्पिरिटकी बत्ती

चित्र ४०

(२) यदि यह देखना हो कि कितने खारी पानीमें कितना पदार्थ घुला हुआ है तो तोलकर सब काम करना होगा। जिसके लिए प्रयोग यों आरम्भ करना चाहिए—प्यालीको खूब साफ करने और पोंछकर सुखा लेनेके बाद तोल लो। (pipette) पिपट द्वारा ५० या १०० घन सें० मी० पानी प्याली में छोड़कर जल-कुंडीपर सुखा डालो। सूख जानेपर प्याली-को जल-कुंडीसे हटाकर पोंछ लो और जब पेंदा सूख जाय,

सूखी हुई (residue) तलछटके साथ तोल लो। दोनों तोलोंका अन्तर उस सारे पदार्थका भार है जो ५० या १०० घन सेंटीमीटर पानीमें घुला हुआ है। तोलोंको इस प्रकार लिखो—

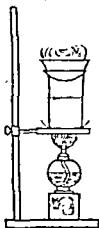
तलछटके साथ प्यालीकी तोल	...ग्राम
खाली प्यालीकी तोल	......ग्राम
∴ तलछटकी तोल =	......ग्राम

∴ ५० या १०० घन सेंटीमीटर खारी पानीमें घुले हुए पदार्थकी तोल = ...ग्राम और १००० घ० सें० मी० खारी पानीमें...ग्राम। यह प्रति लीटर पानीमें खारी पदार्थकी तोल हुई।

यदि तोलके हिसाब घुले हुए पदार्थका परिमाण जानना हो तो पानीको भी तोल लेना होगा क्योंकि सब पानीकी तोल प्रति घन सें० मी० एक ग्राम नहीं होती।

यह नहीं समझ लेना चाहिए कि जो पानी खारी होता है उसीमें घुला हुआ पदार्थ पाया जाता होगा और मीठे पानीमें नहीं। जितने प्रकारके पानी भूमिपर पाये जाते हैं सबमें कुछ न कुछ घुला हुआ पदार्थ रहता है। किसीमें इतना घुला रहता है कि यह खारी हो जाता है और किसीमें कम या किसीमें ऐसे पदार्थ घुले रहते हैं जो स्वयम् खारी नहीं होते, इसकी परीक्षा किसी मीठे पानी को लेकर प्रयोग ५६ की किसी विधिके अनुसार की जा सकती है।

यदि ऐसी जल-कुंडी न हो तो इसका काम एक साधारण बीकरसे लिया जा सकता है। बीकरको जालीपर त्रिपदस्तम्भके ऊपर रखो और आधा पानी भर दो। इसी बीकरके मुँ-

पर उस प्यालीको रख दो जिसका पानी सुखाना है। (देखो चित्र ५१)।

चित्र ५२

चित्र ५१

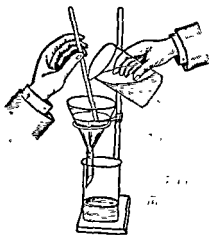
कभी कभी बालुका-यन्त्रके द्वारा भी प्यालीमें पानी सुखाया जा सकता है। किसी लोहेको तिपाईपर लोहेका एक पतला तवा रखो और उसपर इतनी बालू फैलाओ कि एक-चौथाई इंच मोटी तह हो जाय। इसी पर प्याली रखो और नीचेसे तवेको आंच दो। बालूके द्वारा प्यालीमें गर्मी समान लगेगी और सूखनेके समय यदि आंच अत्यन्त तेज न हुई तो पानी छिटक न सकेगा। (देखो चित्र ५२)।

प्रयोग ५७—यह परखना कि पानीमें ठोस पदार्थके घुलनेसे घोलका घनत्व स्वच्छ पानीके घनत्वसे कम होता है या अधिक।

एक बीकरमें २० ग्राम नमक दूसरेमें उतनी ही शक्कर

कीप और छुन्ना कागज़के बीचमें होकर नीचे गिर जायगा और छने हुए द्रव को गन्दा कर देगा। इसलिए कुछ छुन्ना कागज़ अवश्य खाली रखना चाहिए।

नीचेवाला बीकर यदि कीपकी नलीके बीचोंबीच होगा तो घोल गिरते समय कुछ छिटकेगा, इसलिए इस नलीको भी बीकरके बगलमें छुला देते हैं जिससे बिना किसी शब्दके बीकरकी भीतसे लगकर बहता हुआ घोल बीकरमें भरता जाता है। यह सब बातें चित्र ५४ से प्रकट होती हैं—

जो स्वच्छ घोल छनकर नीचेके बीकरमें आता है उसको छना हुआ घोल या छना कहते हैं।

चित्र ५४

प्रत्येक छनेका घनत्व जिस विधिसे चाहो निकाल लो। यह मालूम हो जायगा कि घोलका घनत्व घोलकसे सदैव अधिक होता है।

प्रयोग ५८— पदार्थोंकी घुलनशीलता परखना।

नमक, तूतिया, शकर इत्यादिकी घुलनशीलता परखनेमें कोई विशेष झंझट नहीं करना पड़ता क्योंकि इन सबके घोल या तो घुलनशीलके रंग के हो जाते हैं या उसी स्वादके हो जाते हैं या पानीमें छोड़नेसे कुछ

कम हो जाते हैं, परन्तु बहुतसे पदार्थ ऐसे हैं जिनकी घुलनशीलता आंखोंसे या जीभसे नहीं पहिचानी जा सकती क्योंकि वे घुलनशील तो अवश्य होते हैं परन्तु बहुत कम परिमाणमें और घोलमें कुछ स्वाद भी नहीं मिलता। बहुतसे बिलकुल नहीं घुलते। ऐसे पदार्थोंकी घुलनशीलता यों जांचो—

एक बीकरको (distilled) स्रवित* जलसे दो तीन बार धो लो। इसी बीकरमें २५, ३० घन सें० मी० स्रवित जल लेकर उस पदार्थको बुकनी करके छोड़ो जिसकी घुलनशीलता परखनी हो। कांच-कलमसे कुछ देरतक हिलाते रहो। इसके बाद साफ़ तुली हुई प्यालीमें छानकर जल-कुंडीपर गरम करो और पानी सुखा डालो। सूख जानेपर यदि पदार्थ घुलनशील है तो अवश्य तलीमें कुछ बैठा हुआ दीखेगा। प्यालीका बाहरी तल पोंछकर और सुखाकर तोलनेसे मालूम हो जायगा कि कितना पदार्थ कितने पानीमें घुलता है।

इसी तरह चूना, खड़िया, वलुआपत्थर, और गन्धककी घुलनशीलता जांचो।

क्या पानीमें अनघुल पदार्थ और किसी द्रवमें घुल जाते हैं?

लाख, गन्धक या कपूर पानीमें नहीं घुलते। पिछले पदार्थसे पानीमें कुछ सुगन्ध अवश्य फैल जाती है। फिर अर्क़-कपूर जो हैज़ेकी बड़ी अच्छी औषधि है या वार्निश जिसमें लाख पड़ा रहता है कैसे बनाये जाते हैं?

अलकोहल या मद्यसारमें अथवा साधारण स्पिरिटमें लाख या कपूर घुल जाता है जिसकी परीक्षा परख-नलीमें थोड़ासा अलकोहल और एक छोटा कपूरका टुकड़ा छोड़कर

* इसके बनानेकी रीति आगे बतलायी जायगी।

हिलानेसे की जा सकती है। कपूरका अलकोहलमें जो घोल बनाया जाता है वही अर्क कपूरके नामसे प्रसिद्ध है। वार्निश बनानेकेलिए स्पिरिटमें लाख घुलाते हैं। किसी किसी तेलमें भी कपूर घुल जाता है। गरीके तेलमें कपूर अधिक घुलता है और तिलके तेलमें कुछ कम।

गन्धक स्पिरिटमें भी बहुत कम घुलता है, परन्तु एक विशेष और खराब गन्धवाले द्रव कर्बन-बैसल्फ़ैड में बहुत घुलता है। कर्बन-बैसल्फ़ैड वा अल्कोहलसे, प्रयोग करते हुए बहुत ध्यान रहे कि लौके पास यह न रखे जायँ और न घुलनशीलताकी परीक्षाकेलिए यह घोल ही गरम किये जायँ क्योंकि इनकी भापमें आग लग जानेका डर रहता है।

द्रव और वायव्य पदार्थ (गैस) भी द्रवमें घुल जाते हैं।

अभीतक यही कहा गया है कि ठोस द्रवमें घुलते हैं और उनकी घुलनशीलताकी जांच भी की जा सकती है। यहां यह दिखाया जायगा कि द्रव और गैस भी द्रवमें घुल सकते हैं।

शुद्ध अल्कोहल पानीमें घुल जाता है और मिलकर एक रस हो जाता है। इन दोनों द्रवोंका घोल किसी परिमाणमें बनाया जा सकता है। यदि जल अधिक रहे और अल्कोहल थोड़ा, तो घोलको जलमें अल्कोहलका घोल कहते हैं। और अल्कोहल अधिक रहे तो घोलको अल्कोहलमें जलका घोल कहते हैं।

ईथर भी पानीमें घुल जाता है परन्तु अल्कोहलकी भांति सभी परिमाणोंमें नहीं।

साधारण पानीमें भी हवा घुली हुई पायी जाती है। इसी

घुलित हवाको जल-जन्तु एक विशेष इन्द्रियके द्वारा पानी-मेंसे खींचकर साँस लेते हैं। इसी घुलित हवासे पानीमें कुछ स्वाद मालूम होता है। उबला हुआ या स्रवित पानी पीनेमें फीका लगता है, क्योंकि इनकी हवा गर्मी पाकर निकल गयी है। पानी गरम करते समय पहले जो बुलबुले बर्तनके पेंदेमें एकत्र होते हैं और उठकर उड़ जाते हैं इसी घुलित हवाके हैं।

सोडावाटर या लेमोनेडकी बोतलें जब खोली जाती हैं घुली हुई कार्बोनिक ऐसिडगैस (कर्बनद्विओषिद) दबावके कम हो जानेसे बुदबुदाती हुई निकलने लगती है। जितनी गैस साधारण हवाके दबावपर घुलित रह सकती है उतनी ही रह जाती है।

घुलित गैसमें एक विपरीत गुण यह होता है कि घोलके गरम करनेसे गैस अलग होने लगती है। यही दशा उन द्रवों-के घोलकी भी होती है जिनके क्वथनांक एक दूसरेसे बहुत दूरीपर होते हैं। इसी गुणके सहारे एक द्रव दूसरेमेंसे अलग किया जा सकता है जिसका ब्यौरा बड़ी बड़ी पुस्तकों-में मिलेगा।

ठोसके घोलपर तापका प्रभाव

संपृक्त घोल—घोलोंका प्रयोग करते समय यह बहुतोंको खटका होगा कि घोलकमें चाहे जितना घुलनशील पदार्थ छोड़ते जानेसे सब नहीं घुल जाता। घुलनशीलताकी एक सीमा होती है। जब उस सीमातक पदार्थ घुल जाता है, तो अधिक छोड़नेसे नीचे बैठने लगता है। ऐसे घोलको जिस-में और अधिक पदार्थ नहीं घुल सकता संपृक्त घोल(saturated

solution) कहते हैं। परन्तु यदि इस संपृक्त घोलके तापक्रमको बढ़ा दिया जाय तो जो कुछ तले बैठा रहता है वह तो घुल ही जाता है, यदि और छोड़ा जाय तो भी घुल सकता है। इसलिए जो घोल साधारण तापक्रमपर संपृक्त कहा जाता है वही अधिक तापक्रमपर असंपृक्त (unsaturated) हो जाता है। परन्तु अधिक तापक्रमपर भी एक विशेष परिमाणमें पदार्थको छोड़नेसे घोल संपृक्त किया जा सकता है। यह परिमाण भिन्न भिन्न तापक्रमकेलिए भिन्न भिन्न होता है। प्रयोग द्वारा इसकी परीक्षा की जा सकती है कि कितने तापक्रमपर कोई पदार्थ कितना घोला जाय कि उस तापक्रमपर उस पदार्थका संपृक्त घोल बन जाय। १०० ग्राम पानीमें शोरा, नमक, और पटाश क्लोरेटका संपृक्त घोल बनाना हो तो इस सारिणीमें

तापक्रम	शोरा	नमक	पटाश क्लोरेट
०°श	१३ ग्राम	३५·५ ग्राम	३ ग्राम
१०°श	२१ "	३५·८ "	४ "
२०° "	३१ "	३६·१ "	६ "
३०° "	४५ "	३६·४ "	९ "
४०° "	६४ "	३६·६ "	११ "
५०° "	८६ "	३६·९ "	१८ "
५५° "	१०० "		
६०° "		३७·२ "	२४ "
७०° "		३७·५ "	३२ "
८०° "		३७·८ "	४० "
९०° "		३८·१ "	४९ "
१००° "		३८·४ "	६० "

लिखित विशेष तापक्रमपर विशेष परिमाणमें इन पदार्थों को छोड़ना चाहिए।

इन्हीं परिमाणों द्वारा घुलनशीलताका ग्राफ़ खींचा जा सकता है जिससे किसी पदार्थकी संपृक्त घोलवाली घुलनशीलता देखते ही समझमें आ जाती है।

संपृक्त घोलमें घुलनशील पदार्थोंकी मात्रा भिन्न भिन्न तापक्रमोंपर भिन्न होती है इसलिए संपृक्त घोल कहते हुए उस विशेष तापक्रमको भी सूचित कर देना चाहिए।

यदि यह कहा जाय कि साधारण तापक्रमपर अमुक पदार्थका संपृक्त घोल बनाओ तो स्वच्छ जल लेकर पदार्थको जलमें छोड़ते जाओ और कांचकी कलमसे हिलाते जाओ जब घुलना बन्द हो जाय और पदार्थ तलीमें बैठने लगे तब छोड़ना बन्द कर दो। बस यही घोल साधारण ताप-क्रमपर संपृक्त घोल बन गया।

गरम संपृक्त घोलको ठंडा करनेपर क्या होता है?

गरम संपृक्त घोलके ठंडा होनेपर उतना घुलनशील पदार्थ फिर बैठ जायगा जो तापक्रमके बढ़ा देनेसे अधिक घुल गया था। परन्तु बैठते समय वह रवोंके रूपमें बदल जायगा, अर्थात् संपृक्त घोलके ठंडा होनेपर जब पदार्थ जमने लगता है तब विशेष रूपके आकृतिक खंड (crystal) बनने लगते हैं। इसलिए जब किसी पदार्थका आकृतिक खंड बनाना हो तो उसका गरम संपृक्त घोल बनाना चाहिए।

प्रयोग ५६—एक बीकरमें ५०° श पर गरम संपृक्त घोल बनाकर अलग ठंडा होनेको रख दो और दूसरेमें उसी ताप-

कमपर संपृक्त घोल बनाकर जल्दी ठंडा करनेकेलिए ठंडे पानीमें रखो। और जल्दी ठंडा करना चाहते हो तो नलका पानी बीकरके बाहरी तलपर इस तरह गिराओ कि बाहरी पानी घोलमें न जा सके और बीकरको घुमाते जाओ।

इस तरह जल्दी ठंडा करनेमें रवे बहुत छोटे छोटे पड़ते हैं। वे यहांतक छोटे होते हैं कि कदाचित् बुकनीकी तरह दीखें। जो घोल धीरे धीरे ठंडा किया जाता है उसमें बहुत बड़े रवे धीरे धीरे जमते हैं।

इससे यह सिद्ध होता है कि जितना ही धीरे धीरे रवे जमाये जाँय उतने ही बड़े रवे जमेंगे।

यदि साधारण गरमीमें संपृक्त घोल बनाकर अलग रख दिया जाय और हिलाया न जाय तो और भी बड़े बड़े रवे जमेंगे। किन्तु इस काममें कई दिन लग जाते हैं। बात यह है कि ज्यों ज्यों संपृक्त घोलका पानी उड़ता जाता है उसमें घुले हुए पदार्थके कण बैठते जाते हैं और कुछ दिनमें बहुत बड़े रवे हो जाते हैं।

रवोंके जमानेका काम भी रासायनिक प्रयोगोंमें बड़े महत्वका काम है। इसीसे घुलनशील पदार्थ बिलकुल शुद्ध और परिष्कृत किये जाते हैं जिनका पूरा विवरण बड़ी बड़ी पुस्तकोंमें मिलेगा।

यदि बहुत बड़ा रवा जमाना हो तो इसकेलिए एक विशेष रीति की जाती है,—पहले जो रवे जम जाते हैं उनमेंसे जो समूचे होते हैं (क्योंकि सभी रवोंके सब अंग ठीक नहीं पाये जाते) उनको अलग करके प्रत्येकको घोड़ेके बालके सिरेपर बांधकर उसी संपृक्त घोलमें लटका देते हैं और

दूसरे सिरोंको कांचकी क़लममें बांधकर बीकरके मुंहपर धमा देते हैं। इन रवोंपर पदार्थोंके कण जमने लगते हैं और कुछ दिनोंमें बहुत बड़े और समूचे रवे बन जाते हैं।

विशेप पदार्थोंके रवे विशेप रूप और आकारके होते हैं। इसी कारण पदार्थोंको पहिचानने और अलग करनेमें सुभीता होता है।

रवा जमानेकी दूसरी रीति

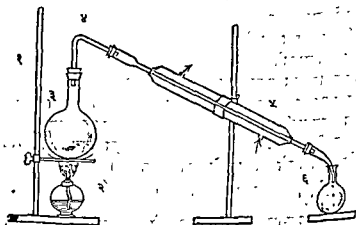
भूगर्भमें बहुतसे पदार्थ रवोंके रूपमें निकलते हैं, जैसे हीरा, पन्ना, स्फटिक (बिल्लौर), मणि, इत्यादि। इनके बनने-का कारण यह है कि जिस समय पृथ्वी द्रवावस्थामेंसे (molten state) धीरे धीरे ठंडी होकर जमने लगी यह रत्न भी रवोंके रूपमें परिणत होते गये। प्रयोगोंद्वारा इस अनुमानकी पुष्टि हो जाती है, क्योंकि लोहेके गर्भमें कोयलेको प्रचंड तापसे पिघलाने और एक बारगी ठंडा करनेसे कृत्रिम हीरा भी बनाया जा चुका है, जो देखनेमें उतना बड़ा या स्वच्छ नहीं होता परन्तु कठोरता उतनी ही होती है। कृत्रिम हीरा बनाने-को बहुत बड़ी आंच चाहिए पर इस रीतिका उदाहरण देनेके लिए ही मानों प्रकृतिने गन्धकमें ऐसे गुण दिये हैं कि सब कोई उसके रवे आसानीसे बना सकता है।

प्रयोग ६०—गन्धकका रवा बनाना।

छटांक आधी छटांक गन्धक लेकर किसी छोटी घड़िया-में (crucible) पिघलाओ। जब सब पिघल जाय आंच हटा लो और कुछ ठंडा होने दो। जब पिघली हुई गन्धकके ऊपरी तलपर मलाईकी तरह जमने लगे, कांचकी क़लमसे दो छेद ज़रा दूर दूर बनाकर भीतरकी पिघली हुई गन्धकको पानी-

में उंडेल दो। मेज़पर या प्यालीमें उँडेलनेसे लकड़ोके जलने या प्यालीके टूटनेका भय रहता है। जो गन्धक घड़ियामें रह जायगी सुईकी तरह लम्बे रवेमें दीखेगी। इनको (needle-shaped crystals) सूच्याकार रवे कहते हैं। इस कामकेलिए एक विशेष प्रकारकी कड़ी मिट्टीकी घड़िया काममें लायी जाती है। कुम्हारोंकी दियालीसे भी यह काम लिया जा सकता है।

द्रवको टपकाना

घुलनशीलता परखनेकेलिए स्रवित जलका ही प्रयोग करना बतलाया गया है क्योंकि स्रवित जल बिलकुल शुद्ध रहता है अर्थात इसमें कोई घुलनशील पदार्थ नहीं मिला रहता। इसके बनानेकी रीति यह है (चित्र ५५)—

चित्र ५५

इस चित्रमें कुप्पी जालीपर रखी हुई दिखलायी गयी है। प्रयोग करते समय दस्तेमें चंगुल लगाकर कुप्पीकी गर्दन जकड़ देनी चाहिए नहीं तो कुप्पी गिर जायगी।

१-कुप्पीके लिए डट्टा, चंगुल और छल्ला।

२-स्पिरिट लम्प।

३-कुप्पी जिसमें पानी या द्रव खौलाते हैं अर्थात् देग।

४-कुप्पीके कागमें कसी हुई वाष्प लेजानेवाली काँच-नली।

५-वाष्प जमानेवाली नली (condenser) या भभका और उसके थामनेका चंगुल और डट्टा।

६-टपकने हुए पानीको इकट्ठा करनेका बर्तन।

कुप्पीमें पानी भरकर खौलाते हैं। भाप उड़कर जमनेवाली नली (condenser) या भभकेमें आती है। यह नली बहते हुए पानीसे बराबर ठंडी रखी जाती है। यहां ठंड पाकर भाप जमकर पानी हो जाता है और दूसरे मुंहसे बर्तनमें टपकने लगता है। इसीको (distilled water) स्रवित जल या टपका हुआ पानी कहते हैं। ऐसे जलमें कोई घुला हुआ ठोस पदार्थ नहीं रह जाता। दो चार दिनतक जब पानी बरसता रहता है, घुलनेवाले पदार्थ जो हवामें रहते हैं सब घुलकर पृथ्वीपर चले आते हैं। ऐसे समय आकाशका पानी इकट्ठा किया जाय तो उसमें घुलनशील पदार्थ बहुत ही कम पाये जायँगे। इसलिए यह स्रवित जलके समान समझा जा सकता है।

स्रवित-जलमें उड़नेवाला पदार्थ अवश्य घुला हुआ मिलेगा क्योंकि यह ठोस पदार्थोंकी भांति तलछटमें नहीं रह जायगा, वरन् भापके साथ उड़कर पानीके ही साथ रहेगा। इसी सिद्धान्तपर वैद्य और अत्तार औषधियोंका अर्क, गुलाब-जल, इत्यादि तैयार करते हैं। उनके टपकानेके यन्त्र, देग, भभका इत्यादि ऐसे बनाये जाते हैं जिनमें ठंडा करनेके

लिए पानी बार बार बदलना पड़ता है क्योंकि प्रत्येक स्थानमें पानीका नल नहीं होता जिसके बिना ठंडा पानी बहता हुआ नहीं रख सकते।

इस रीतिसे शुद्ध किया हुआ पानी केवल उन्हीं प्रयोगोंमें काममें लाया जाता है जो पानीमें घुलनशील पदार्थोंके रहनेसे बिगड़ जाते हैं। रासायनिक विश्लेषणमें (chemical analysis) इसका बहुत काम पड़ता है।

पीनेकेलिए जो पानी शुद्ध किया जाता है उसमेंसे घुलनशील पदार्थके निकालनेका यत्न नहीं किया जाता। पानीकी तैरती हुई गन्दगी ही दूर की जाती है जिसकेलिए पानीको बालूके द्वारा छानते हैं। जो पानी बालूमेंसे छनकर नीचे आता है उसमें तैरती हुई गन्दगी नहीं रहने पाती क्योंकि वह बालूमें फँस जाती है।

साधारणतः पानीको कुछ देरतक रखा रहने देते हैं। जब गन्दगी नीचे बैठ जाती है, ऊपरका पानी निथार लेते हैं अर्थात् धीरे धीरे उँडेल लेते हैं जिसमें तलछट न हिलने पावे। इस क्रिया को निथारना (decantation) कहते हैं।

परन्तु यदि पानीमें किसी प्रकारकी दुर्गन्धि हो तो पानीको बिना उबाले हुए कदापि न पीना चाहिए। उबालनेसे दुर्गन्धि पैदा करनेवाला विकार नष्ट हो जाता है और पानी पीनेसे कोई हानि नहीं पहुँचा सकता।

मिश्रण

प्रयोगमें यह अच्छी तरह बतलाया जा चुका है कि यदि कोई अनघुल पदार्थ किसी घोलमें मिला रहता है तो वह

छानकर अलग किया जा सकता है। इसी तरह कोई दो पदार्थ जिनमेंसे एक अनघुल हो मिले रहें तो अलग किये जा सकते हैं। ऐसे दो या अधिक मिले हुए पदार्थोंकी मिलावटको (mechanical mixture or mixture) साधारण मिश्रण या केवल मिश्रण कहते हैं। मिश्रणमें प्रत्येक पदार्थ अपने मौलिक गुणोंको क़ायम रखता है और एक दूसरेसे थोड़े ही परिश्रममें अलग किया जा सकता है। यदि मिश्रणके पदार्थोंके गुण एक दूसरेसे बहुत भिन्न हों तो अलग करनेकी क्रिया और भी सरल हो जाती है जैसा नीचेके प्रयोगोंसे स्पष्ट हो जायगा—

प्रयोग ६१—बालू और नमकके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

मिश्रणको एक बीकरमें रखकर इतना स्रवित जल छोड़ो कि मिश्रणके ऊपर १ या २ सेंटीमीटर ऊंचा पानी हो जाय। बीकर इतना बड़ा चुनो कि आधेसे अधिक स्थान मिश्रणसे ही न घिर जाय। कांचकी क़लमसे चलाओ और बालुका-यंत्रमें गरम होनेकेलिए रख दो। थोड़ी थोड़ी देरमें चलाते जाओ। गरम करनेसे नमक बहुतसा घुल जायगा और छन्ना काग़ज़में भी जल्दी छनेगा। जबतक बीकर गरम हो रहा हो, छन्ना काग़ज़ मोड़कर कीपमें बैठाकर भिगो लो और कीप-दानपर या डट्टेके छल्लेमें रख दो और कीपके नीचे एक स्वच्छ बीकर छने हुए घोलको जमा

छोड़कर और गरम करके निथार लो। इतना करनेसे सब घुलनशील पदार्थ अलग हो जायगा। यदि मिश्रणमें इसका परिमाण अधिक हो तो और पानीके छोड़नेकी आवश्यकता पड़ेगी। कई बार निथारनेपर कुल बालूको छन्ने कागज़पर उंडेल दो और बीकरको दो तीन बार पानीसे खँगालकर वह खँगाल या धोवन भी बालूमें छोड़ दो। जब बालूमेंसे सब पानी छन जाय, धोवनी शीशी के (wash bottle) द्वारा खूब ज़ोरसे फूंककर बालूमें सब स्थानपर पानी छोड़ो और इसी तरह दो तीन बार धो डालो। तदनन्तर (१) छन्ने कागज़परकी बालू सुखा डालो, और (२) छना हुआ घोल उबालकर सुखा डालो।

प्रयोग ६२—लकड़ीके बुरादेमें मिली हुई सीसेकी गोलियां अलग करना।

जैसे अनाज भूसेसे फटककर अलग किया जाता है उसी तरह यह भी फटककर अलग की जा सकती हैं।

प्रयोग ६३—गन्धक और लोहेके कणोंके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

मिश्रणको कागज़पर फैलाकर चुम्बक चारों ओर फेरो। लोहेके कुल कण चुम्बकमें लग जायँगे। इनको अलग छुड़ालो। ऐसे ही दो तीन बारके करनेमें दोनों पदार्थ अलग हो जायँगे।

प्रयोग ६४—शोरे और कोयलेके चूर्णके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

कोयला पानीमें नहीं घुलता वरन् तैरता है। शोरा घुल जायगा। बस, पानी मिलाकर प्रयोग ६१ के अनुसार अलग कर लो।

प्रयोग ६५—कोयला और बालूके मिश्रणमेंसे प्रत्येकको अलग करना।

पानी मिलानेसे बालू नीचे बैठ जायगी और कोयला उतरा आवेगा। बड़ी सावधानीसे कोयलेको छन्ने कागज़पर ऊपर-से ही उँडेल लो कि बालू न गिरने पावे। दो तीन बारमें कुल कोयला कागज़पर चला आवेगा और बालू बीकरमें ही रह जायगी। यदि बालूके नीचे कुछ कोयला दबदबा जाय तो कांच-कलमसे हिलाकर ऊपर कर देना चाहिए।

रासायनिक संयोग

जब दो पदार्थ एक दूसरेमें इस प्रकार मिल जाते हैं कि किसीके भौतिक गुण अलग अलग कायम नहीं रहने पाते वरन् एक तीसरा पदार्थ जिसके गुण उन दोनोंसे बिलकुल भिन्न, हैं बन जाता है तब ऐसे मेलको रासायनिक संयोग (chemical combination) कहते हैं। दो वा अधिक पदार्थोंके मिलने-से जो भिन्न गुणवाला तीसरा पदार्थ बन जाता है उसको रासायनिक यौगिक (chemical compound) वा केवल यौगिक कहते हैं। ऐसी क्रियाको जिसमें दो या अधिक पदार्थोंके संयोगसे एक यौगिक बन जाता है रासायनिक क्रिया (chemical action) कहते हैं। हीराकसीस गरम करनेपर यही क्रिया होती है।

मिश्रण और यौगिकके समझानेकेलिए यह मोटे मोटे लक्षण हैं। बड़ी बड़ी पुस्तकोंमें इनकी विवेचना की गयी है जिसका वर्णन करना इस पुस्तकमें ... है।

प्रयोग ६

३ ग्रामके लगभग लोहेका बुरादा और दो ग्राम गन्धक लेकर परख-नलीमें छोड़ो और पहिले धीमी आंचसे गरम करके फिर आंच बढ़ा दो। कुछ देरमें लोहा और गन्धकका रासायनिक संयोग होगा। ऐसा होते समय लोहा जल उठेगा और चमकने लगेगा और संयोग हो चुकनेपर क्रिया शान्त हो जायगी।

ठंडा करके इस यौगिकको परखनलीसे अलग कर लो और देखो अब भी लोहा चुम्बकसे खिंच आता है या नहीं।

यदि कुछ लोहा खिंच आता है तो इससे यह मालूम होता है कि गन्धक कम था और लोहा अधिक जिससे सब लोहा गन्धकसे नहीं मिल सका है।

लोहा और गन्धकके इस यौगिकको आयरन सल्फ़ाइड (iron sulphide) या लौह गंधिद कहते हैं। इसमें ज़रा सा नमक या गन्धकका तेज़ाब छोड़ देनेसे बड़ी दुर्गन्धयुक्त गैस निकलती है जो दोअन्नी, चवन्नी या पैसेको काला कर देती है और हैड्रोजन सल्फ़ैड या उज्जन-गंधिद कहलाती है।

प्रयोग ६७—शोरा और कोयलेके चूर्णका मिश्रण गरम करना।

इसको गरम करनेमें बड़ी सावधानीसे काम लेना होगा क्योंकि इसमें रासायनिक संयोग होते हुए *आग उड़कर* बाहर भी निकल पड़ती है। इसलिए परखनलीको (test-tube holder) परखनली-थमनेसे पकड़ना चाहिए और परखनलीके मुँहको उस ओर कर लेना चाहिए जिधर कोई जलनेवाली वस्तु या आदमी न हों।

शोरा और कोयलेके चूर्णमें गन्धकका चूर्ण मिला दिया जाय तो बारूद बन जाय। इसीलिए बारूदके जलानेपर

गन्धकके जलनेकी गन्ध आती है। यह प्रयोग लड़कोंको न करना चाहिए। इसमें जोखिम है। शोरा और कोयला या गंधक मिलाकर कभी पीसना भी न चाहिए। इनका चूर्ण अलग अलग बनाया जाता है, तब मिलाते हैं।

प्रयोग ६८—तूतियेके घोलमें लोहेकी कोई वस्तु रखनेसे क्या होता है?

तूतियेका घोल बनाकर उसमें लोहेकी एक साफ़ चमकती हुई कील छोड़ दो। थोड़ी देरमें उठाकर देखो। कीलके ऊपर तांबा चढ़ा हुआ मालूम होगा। यदि कील बहुत बड़ी हो और तूतियेका परिमाण बहुत कम हो तो घोलका रंग भी बदल जायगा। तूतियेके घोलका रंग तो था नीला परन्तु इस नये घोलका रंग हरा सा दीखता है। यदि कील निकाल ली जाय और यह घोल हवामें बहुत देरतक रखा रहे या गरम कर दिया जाय तो घोलमें कुछ कुछ भूरापन दीख पड़ेगा। यह बात हीराकसीसके घोलमें पायी जाती है। इससे पता चलता है कि तूतियेके घोलका कुल तांबा कीलवाले लोहेपर चढ़ गया और तांबेके स्थानमें कीलका लोहा निकलकर घोलमें मिल गया जिससे हीराकसीस बन गया। इसमें रासायनिक वियोग और संयोग दोनों हुए। तांबेका तूतियासे अलग होना रासायनिक वियोग और लोहेका तांबेके स्थानमें हो जाना रासायनिक संयोग हुआ।

इन रासायनिक क्रियाओंके पहले तूतियेका घोल और लोहा लिये गये थे परन्तु अन्तमें हीराकसीसका घोल और तांबा रहे। इसी बातको (equation) समीकरणके रूपमें यों प्रकट करते हैं—

३ ग्रामके लगभग लोहेका बुरादा और दो ग्राम गन्धक लेकर परख-नलीमें छोड़ो और पहिले धीमी आंचसे गरम करके फिर आंच बढ़ा दो। कुछ देरमें लोहा और गन्धकका रासायनिक संयोग होगा। ऐसा होते समय लोहा जल उठेगा और चमकने लगेगा और संयोग हो चुकनेपर क्रिया शान्त हो जायगी।

ठंडा करके इस यौगिकको परखनलीसे अलग कर लो और देखो अब भी लोहा चुम्बकसे खिंच आता है या नहीं।

यदि कुछ लोहा खिंच आता है तो इससे यह मालूम होता है कि गन्धक कम था और लोहा अधिक जिससे सब लोहा गन्धकसे नहीं मिल सका है।

लोहा और गन्धकके इस यौगिकको आयरन सल्फ़ाइड (iron sulphide) या लौह गंधिद कहते हैं। इसमें ज़रा सा नमक या गन्धकका तेज़ाब छोड़ देनेसे बड़ी दुर्गन्धयुक्त गैस निकलती है जो दोअन्नी, चवन्नी या पैसेको काला कर देती है और हैड्रोजन सल्फ़ाइड या उज्जन-गंधिद कहलाती है।

प्रयोग ६७–शोरा और कोयलेके चूर्णका मिश्रण गरम करना।

इसको गरम करनेमें बड़ी सावधानीसे काम लेना होगा क्योंकि इसमें रासायनिक संयोग होते हुए आग उड़कर बाहर भी निकल पड़ती है। इसलिए परखनलीको (test-tube holder) परखनली-थमनेसे पकड़ना चाहिए और परखनलीके मुँहको उस ओर कर लेना चाहिए जिधर कोई जलनेवाली वस्तु या आदमी न हों।

शोरा और कोयलेके चूर्णमें गन्धकका चूर्ण मिला दिया जाय तो बारूद बन जाय। इसीलिए बारूदके जलानेपर

गन्धकके जलनेकी गन्ध आती है। यह प्रयोग लड़कोंको न करना चाहिए। इसमें जोखिम है। शोरा और कोयला या गंधक मिलाकर कभी पीसना भी न चाहिए। इनका चूर्ण अलग अलग बनाया जाता है, तब मिलाते हैं।

प्रयोग ६८—तूतियेके घोलमें लोहेकी कोई वस्तु रखनेसे क्या होता है?

तूतियेका घोल बनाकर उसमें लोहेकी एक साफ़ चमकती हुई कील छोड़ दो। थोड़ी देरमें उठाकर देखो। कीलके ऊपर तांबा चढ़ा हुआ मालूम होगा। यदि कील बहुत बड़ी हो और तूतियेका परिमाण बहुत कम तो घोलका रंग भी बदल जायगा। तूतियेके घोलका रंग तो था नीला परन्तु इस नये घोलका रंग हरा सा दीखता है। यदि कील निकाल ली जाय और यह घोल हवामें बहुत देरतक रखा रहे या गरम कर दिया जाय तो घोलमें कुछ कुछ भूरापन दीख पड़ेगा। यह बात हीराकसीसके घोलमें पायी जाती है। इससे पता चलता है कि तूतियेके घोलका कुल तांबा कीलवाले लोहेपर चढ़ गया और तांबेके स्थानमें कीलका लोहा निकलकर घोलमें मिल गया जिससे हीराकसीस बन गया। इसमें रासायनिक वियोग और संयोग दोनों हुए। तांबेका तूतियासे अलग होना रासायनिक वियोग और लोहेका तांबेके स्थानमें हो जाना रासायनिक संयोग हुआ।

लोहा + तूतियेका घोल = ताम्बा + हीराकसीसका घोल

तूतियेको अंग्रेज़ीमें कापर सल्फ़ेट (copper sulphate ताम्रगन्धेत) और हीराकसीसको अयरन सल्फ़ेट (iron sulphate लौह गंधेत) कहते हैं।

साधारण और रासायनिक परिवर्तन

जहां जहां रासायनिक संयोग या वियोग होते हैं वहां परिवर्तन अवश्य होता है। यह परिवर्तन रूप, गुण इत्यादि सभीमें हो जाता है। ऐसे परिवर्तनको रासायनिक परिवर्तन (chemical change) कहते हैं।

पदार्थोंके जलने, साँस लेने, बारूदके भकसे उड़ने, हीराकसीससे तेज़ाब निकालने, मुरचा लगने, इत्यादि सभी क्रियाओंमें रासायनिक परिवर्तन और उसीके साथ रासायनिक संयोग वियोग होते हैं।

जिन परिवर्तनोंमें कोई रासायनिक क्रिया नहीं होती वरन् पदार्थोंके रूप और अवस्थामें ही परिवर्तन देखा जाता है उनको साधारण परिवर्तन (physical change) वाह्य परिवर्तन या भौतिक परिवर्तन कहते हैं। पानीका बर्फ़में परिणत हो जाना या बर्फ़का पानी और पानीसे भाप बन जाना और गन्धकका पिघलना या पिघलकर उड़ना इत्यादि सब साधारण परिवर्तन कहलाते हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न-२०

(१) किस प्रकारकी गन्दगी छाननेसे भी नहीं जा सकती?

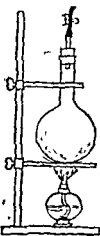
(२) गदला पानी किस तरह छानकर पीनेके काममें लाया जा सकता है?

दबा दो। उबलते हुए पानीकी भाप कुप्पीकी भीतरवाली हवाको भगा ले जाती है। जब कुप्पी बिलकुल ठंडी हो जाय, बाहरी नल पोंछ कर कुप्पा लेनेके पीछे तुला दंडके हुकमें लटका कर तोल लो। तोलनेके बाद चुटकी ढीली करके कांच-नलीमें लगा दो जिससे कुप्पीके भीतर हवा जानेका रास्ता रबर-नलीके खुल जानेसे हो जाय। चुटकी ढीली करते ही हवा 'फुस्' शब्द करती हुई भीतर घुस जायगी और इस ओरका पलड़ा भारी हो जायगा। देखो कितना भार घुसी हुई हवाके कारण अधिक हो जाता है। यही घुसी हुई हवाका भार है। अब यदि यह मालूम कर लिया जाय कि घुसी हुई हवाके स्थानमें कितना पानी भरा जा सकता है तो यह भी मालूम हो जाय कि अमुक आयतनकी हवाका भार कितना होता है। अधिक शुद्धताके साथ भार नापना हो तो तापक्रम और वाष्प-तनाव (vapour tension) जानकर अधिक गणना करनेकी आवश्यकता पड़ती है, जिसकी रीति इस छोटीसी पुस्तकमें नहीं दी जा सकती।

वायुमंडलका चाप या दबाव—किसी भारी चीज़को हाथमें लेने या शरीरपर रखनेसे उसका दबाव मालूम होता है। हम देख चुके हैं कि हवामें भी भार है इसलिए हवा भी एक भारी चीज़ है। इसका भी दबाव होना चाहिए। परन्तु प्रत्यक्ष तो यह मालूम होता है कि हवाके कारण हम लोगोंको कुछ भी दबाव नहीं मालूम होता। इसका कारण क्या है? विचार करनेसे मालूम हो सकता है कि जिस वस्तुका दबाव मालूम होता है वह ऊपर ही रहती है और दबनेवाली चीज़ या शरीरका कोई अंग नीचेकी ओर। परन्तु दबानेवाली हवा नीचे, ऊपर, दहिने बायें सभी ओर है। इसलिए यदि यह ऊपरसे नीचे-

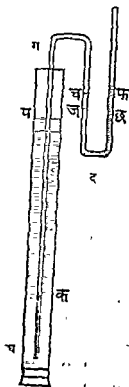
वायुमंडल या वातावरण (atmosphere) कहते हैं। यद्यपि मालूम होता है कि वायुमंडल एक ही पदार्थका बना हुआ है इसमें हैं बहुतसे वायव्य पदार्थ, जिनमें ओषजन (oxygen) और नत्रजन (nitrogen) मुख्य हैं। मोटे हिसाबसे इसमें ४ भाग नत्रजन और एक भाग ओषजन होते हैं।

वायुका भार या गुरुत्व—प्रयोगोंद्वारा यह सिद्ध किया गया है कि वायुमें भी भार होता है जिसके जाननेकी मोटी रीति यह है—

प्रयोग ६९—एक दो सौ या तीन सौ घन सेंटीमीटर-वाली कुप्पीमें रबर-काग अच्छी तरह कस कर लगाओ। छेद-में एक कांचनली २॥ या ३ इंच लम्बी खूब कसकर पहि-नाओ। रबरके छेदमें कांच-नली पहिनानेकेलिए दोनोंको पानीमें भिगो लेनेसे आसानी पड़ेगी। नलीके बाहरी सिरेमें एक दृढ़ और मोटी रबर-नली दो तीन इंच लम्बी लगाओ और इस नलीको भी बन्द कर देनेकेलिए एक चुटकी (clip) पहिना दो। गर्दनमें तारका एक फन्दा बनाकर लगा दो जिसके द्वारा तुलाके हुकमें यह कुप्पी लटकाकर तोली जा सके। इस कुप्पीमें आधी छटांक पानी रखकर डट्टेके छल्लेपर तारकी जाली बिछाकर रख दो और गर्दनको भी चंगुल-में कसदो (चित्र ४६)। बहुत छोटी लौसे पानीको गरम करो। जब पानी दस मिनिट तक उबलता रहे, रबर-नलीको चुटकीसे

चित्र ४६

दबा दो। उबलने हुए पानीकी भाप कुप्पीकी भीतरवाली हवाको भगा ले जाती है। जब कुप्पी बिलकुल ठंढी हो जाय, बाहरी तल पोंछ कर सुखा लेनेके पीछे तुला दंडके हुकमें लटका कर तोल लो। तोललेनेके बाद घुटकी ढीली करके कांच-नलीमें लगा दो जिससे कुप्पीके भीतर हवा जानेका रास्ता रबर-नलीके खुल जानेसे हो जाय। घुटकी ढीली करते ही हवा 'फुस्' शब्द करती हुई भीतर घुस जायगी और इस ओरका पलड़ा भारी हो जायगा। देखो कितना भार घुसी हुई हवाके कारण अधिक हो जाता है। यही घुसी हुई हवाका भार है। अब यदि यह मालूम कर लिया जाय कि घुसी हुई हवाके स्थानमें कितना पानी भरा जा सकता है तो यह भी मालूम हो जाय कि अमुक आयतनकी हवाका भार कितना होता है। अधिक शुद्धताके साथ भार नापना हो तो तापक्रम और वाष्प-बलको (vapour tension) जानकर, अधिक गणना करनेकी आवश्यकता पड़ती है, जिसकी रीति इस छोटीसी पुस्तकमें नहीं दी जा सकती।

की ओर दबाती है तो नीचेसे ऊपरकी ओर भी दबाती है। निदान, वही हवा आगे, पीछे, दहिने, बायें, ऊपर, नीचे, सभी दिशाओंसे दबाती है। परस्पर प्रतिकूल दिशाओंमें दबानेके कारण प्रभाव कुछ भी नहीं रह जाता। इस पर यदि यह तर्क किया जाय कि (१) दबाव तो सदैव नीचेकी ओर होता है ऊपरकी ओर नहीं और (२) यदि होता भी हो तो ऊपर-वाली हवा ५० मील वा २०० मीलतक फैली हुई है और नीचेवाली हवा थोड़ी ही दूरतक, इस-लिए इन दोनोंका असमान दबाव शरीरको सब ओरसे समान दबावमें कभी नहीं रख सकता तो यह शंका नीचे दिये हुए प्रयोगसे दूर हो सकती है-

प्रयोग ७०—एक कांचका नल ग घ १ गज़के लगभग लम्बा और १ इंचके लगभग चौड़ा लो। घ सिरेको रबर-काग या मामूली कागसे इस तरह कसकर बन्द कर दो कि पानी भरने-पर टपक न जाय। इससे अधिक लम्बी एक कांचनली लेकर एक सिरे-के पास तीन बार समकोण झुका लो। एक और नलीके एक सिरेको एक बार समकोण झुका लो। इन दोनों नलियोंको रबर-नलीसे द स्थानपर जोड़ दो और सबको अड्डेमें चित्र ५७ की भांति कसकर लगा दो। इस चित्रमें अड्डे नहीं दिखलाये गये हैं। U-नलीमें

ग, च, फ, म, ज, छ, द, क, घ

चित्र ५७

है परन्तु बाहर दबाव वैसाही बना रहता है, इसलिए बाहरके दबावके कारण ढकना उठाया नहीं जा सकता।

यदि एक रबरकी थैली जिसके भीतर हवा भरी हो और जो चारों ओरसे बन्द हो ढकनेके नीचे रखकर उसके चारों ओरकी हवा निकाली जाय तो थैलीके ऊपरका दबाव कम होता जायगा और अपने भीतरी दबावके कारण थैली फूलती जावेगी। यदि बाहर दबाव बहुत कम हो जाय और ढकना इतना बड़ा हो कि थैलीके बढ़नेमें कोई रुकावट न पड़े तो वह बहुत बढ़कर फट भी सकती है।

प्रयोग ७३-एक गिलास, जिसका किनारा चिकना और सब जगह बराबर हो, लेकर उसमें लबालब पानी भरो और लिखनेका एक दृढ़ कागज़ उसपर धीरेसे खसका दो। अब, यदि सावधानीसे गिलास उलट दिया जाय तो पानी नहीं गिरेगा क्योंकि हवा पानीको ऊपरकी ओर दबा रही है और इसका दबाव पानीके दबावसे अधिक है। (चित्र ५८)

चित्र ५८

वायुमण्डलका दबाव नापनेका यन्त्र—इसके बनाने की सरल रीति यह है कि कांचकी दृढ़ नली एक गज़के लगभग लम्बी लेकर उसका एक सिरा बन्द कर दो और नलीमें पारा लबालब भरकर देखो कहीं हवा तो नहीं लगी है। हाथके अँगूठेसे नलीके खुले मुँहको ऐसा बन्दकर लो कि उलट देनेसे भी पारा न गिर सके। इस प्रकार

श्रौर नाक इत्यादिके परदे भीतरसे बहुत दवाव पड़नेके कारण फट गये श्रौर रक्त निकलने लगा। इस दोषको दूर करनेकेलिए अब ऐसी युक्ति की जाती है जिससे गुबारा धीरे धीरे ऊपर चढ़ता है। इस तरह बाहर भीतर दबाव धीरे धीरे बराबर होता आता है। कदाचित् यह भी एक कारण है जिससे चील्हें मँडलाती हुई धीरे धीरे ऊपर चढ़ती श्रौर नीचे उतरती हैं।

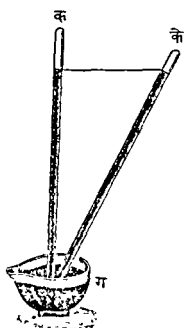
प्रयोग ७१–कोई पिचकारी लेकर उसकी नोकको पानीमें डुबो दो श्रौर उसके भीतरकी हवा डाट खींचकर बाहर निकालो। ज्यों ज्यों डाट बाहर निकलता रहता है पानी भरता जाता है। कारण यह है कि पिचकारीके भीतरकी हवाके कम होनेसे भीतर दबाव कम हो जाता है, परन्तु बाहर पानी-तलपर वायुमंडलका दबाव है इसलिए पानी बाहरसे दबकर पिचकारीके भीतर चढ़ता जाता है।

प्रयोग ७२–वायु-निःसारक-यन्त्र या पम्पको चद्दरपर छेदके ऊपर एक शीशेका ढकना रखकर वेसिलीनसे इस तरह चिपका दो कि ढकनेके भीतरकी हवा बन्द हो जाय श्रौर बाहरसे हवाको आने जानेकेलिए कोई मार्ग न मिले। ऐसी अवस्थामें यंत्र चलाकर भीतरकी हवा निकालकर कम कर दो। अब यदि ढकनेको उठाना चाहो तो बहुत बल लगाना पड़ेगा। सम्भव है कि ढकने के साथ साथ यन्त्र भी उठने लगे। परन्तु यदि निकाली हुई हवाके स्थानमें फिर हवा भर दो तो ढकनेके उठानेमें कुछ भी कठिनाई न पड़ेगी। कारण क्या है? भीतरकी हवा निकाल लेनेसे ढकनेके भीतरी तलपर दबाव बहुत कम हो जाता

है परन्तु बाहर दबाव वैसाही बना रहता है, इसलिए बाहर-के दबावके कारण ढकना उठाया नहीं जा सकता।

यदि एक रबरकी थैली जिसके भीतर हवा भरी हो और जो चारों ओरसे बन्द हो ढकनेके नीचे रखकर उस-के चारों ओरकी हवा निकाली जाय तो थैलीके ऊपरका दबाव कम होता जायगा और अपने भीतरी दबावके कारण थैली फूलती जायेगी। यदि बाहर दबाव बहुत कम हो जाय और ढकना इतना बड़ा हो कि थैलीके बढ़नेमें कोई रुकावट न पड़े तो यह बहुत बढ़कर फट भी सकती है।

प्रयोग ७३-एक गिलास, जिसका किनारा चिकना और सब जगह बराबर हो, लेकर उसमें लबालब पानी भरो और लिफ़ाफ़ेका एक दृढ़ काग़ज़ उसपर धीरेसे खसका दो। अब, यदि सावधानीसे गिलास उलट दिया जाय तो पानी नहीं गिरेगा क्योंकि हवा पानीको ऊपरकी ओर दबा रही है और इसका दबाव पानीके दबावसे अधिक है। (चित्र ५८)

नलीमें पारेके सिवा वायु नहीं घुसने पाती। इसी अवस्था-में मुँहको दबाये हुए, पारेसे भरे हुए प्यालेमें मुँहको डुबो दो और तब अँगूठा हटा लो। नलीमेंसे कुछ पारा बाहर आ जायगा (चित्र ४६)। प्यालेमें रखे हुए पाराके तलसे नलीमें थमे हुए पाराके तलकी ऊंचाई ३० इंचके लगभग रहेगी। नलीमें ऊपर जो स्थान खाली हो गया है वहां क्या है? कुछ भी नहीं। इसकी परीक्षा नलीके ऊपरी सिरेको झुकानेसे की जा सकती है। ज्यों ज्यों नली झुकायी जायगी त्यों २ पारा भरता जायगा परन्तु इसके तलकी ऊंचाई प्यालेके पारा-तलसे सदैव ३० इंच रहेगी। जिस समय नली बिलकुल भर जाय उसी समय नली-के सिरेकी ऊंचाई पारा-तलसे नाप लो। इस बार

चित्र ४६

भी ऊंचाई वही होगी जो नलीको सीधी खड़ी रखनेमें थी। यदि फिर नली खड़ी की जाय तो पारा उतरता हुआ दीखेगा पर पारातलकी ऊँचाई सदैव ३० इंचके लगभग रहेगी। इससे प्रत्यक्ष है कि यह खाली स्थान सचमुच रिक्त या शून्य है। इसमें हवा भी नहीं है। ऐसे स्थानको वायुशून्य (vacuum) कहते

हैं। इसका भेद पहिले पहल टुरीसेली (Torricelli) नामक वैज्ञानिकने पाया था इसलिए नलीके वायु-शून्यको टुरीसेलीय वायुशून्य (Torricellian Vacuum) कहते हैं।

यह स्मरण रखना चाहिए कि पारेकी यह ऊंचाई सदैव एकसी ३० इंच नहीं रहती, घटती बढ़ती रहती है, जिससे पता चलता है कि वायुमंडलका दवाव पारातलपर घटता बढ़ता रहता है। यह घटना बढ़ना प्रति क्षण प्रत्येक स्थानपर लगा रहता है, कभी ऊंचाई स्थिर नहीं रह पाती; परन्तु समान ऋतुमें यह अन्तर बहुत नहीं बढ़ने पाता। हां, जब वायुमंडलमें अधिक परिवर्त्तन होनेको होता है तब इस बैरोमीटर (Barometer) या वायु-भार-मानके पारेकी ऊंचाई-में भी बहुत अन्तर पड़ जाता है।

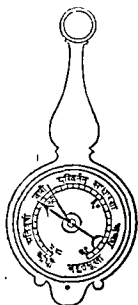
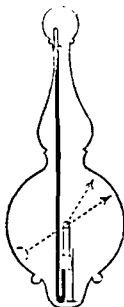
चित्र ५६ में दिखाये हुए सरल यन्त्रसे एकही स्थानमें रख-कर काम ले सकते हैं; फिर भी ऊंचाई नापनेकी कठिनाई कुछ कम नहीं होती। जहां दशमांश इंचके भी दशमांश परिमाणका अन्तर मालूम करना पड़ता है वहां यह बेचारा क्या काम दे सकता है क्योंकि अन्तरकी शुद्धता नापकी शुद्धतापर एक दम निर्भर है। ऐसे कामोंकेलिए कोई ऐसा यन्त्र होना चाहिए जिसमें वार वार नापनेका वखेड़ा न करना पड़े। इसी कठिनाईको दूर करनेकेलिए पारेकी कटोरी और कांच-नली अलग अलग नहीं लेते वरन् दोनोंका काम एक नलीमें

पारा भरनेकी क्रिया—पहिले खुले मुंहमें कीप लगा कर पारा मुंहतक भर देते हैं और अँगूठेसे मुँहको खूब दबाकर बन्द मुंहके सिरेको झुका देते हैं। झुकानेसे पारा बन्द सिरेके पास बड़ी नलीमें गिरने लगता है और वहांकी हवा ऊपर खुले सिरेके पास चढ़ने लगती है। जब सब हवा मुँहके पास आ जाती है फिर उसी तरह पारा भरकर झुकाते हैं। कई बार ऐसा करनेसे बन्द नलीकी सब हवा निकल जाती है। ऊपर वायु-शून्यके अतिरिक्त कुछ नहीं रह पाता। दोनों भुजोंके पारातलोंकी ऊंचाईका अन्तर वायु-मंडलके दबावको नापता है।

नापनेके चिह्नोंके बनानेकी क्रिया—वायु-भार-मानकी नलियां ऐसी भी मिलती हैं जिनमें चिह्न बने बनाये रहते हैं। इनमें अब कोई चिह्न बनानेकी आवश्यकता नहीं पड़ती। चिह्न न बने हों तो एक सीधे लकड़ीके तख़्तेको जिसकी लम्बाई चौड़ाई बक नलीकी लम्बाई चौड़ाईसे कुछ ही अधिक हो नलीमें दो स्थानोंपर अच्छी तरह कस दो जिससे नली लकड़ीपर खसक न सके। फिर इंच, दशमांश इंच, नापकर चिह्न बनादो। साधारणतः कुल तख़्तेपर चिह्न नहीं बनाये जाते, ऊपर नीचे, ऊंचाईके अनुसार चिह्न बना दिये जाते हैं।

चित्र ६०

इस तरहके वायु-भार-मान बहुत कम देखनेमें आते हैं। साधारणतः ऐसे देखे जाते हैं जो घड़ीकी तरह होते हैं और जिनमें लिखा रहता है, (stormy) "अन्धड़", (rain) "वर्षा", (change) "परिवर्तन", (fair) "साधारण"

(very dry) "बहुत सूखा", इत्यादि। (देखो चित्र ६१)।

चित्र ६१ चित्र ६०

जहां आंधी लिखी हुई है वहां २८ का अंक भी दिया हुआ है; वर्षाके साथ २९ का अंक दिया हुआ है; इसी तरह और भी समझ लो। प्रत्येक अंकका तात्पर्य उस अंशसे है जो वायुमंडलके दबावको तोलते हुए पारेकी ऊंचाईको सूचित करता है। जिस अंक और अंश पर सुई रहती है वही वायु-भार-मानके पारेकी ऊंचाई समझी जाती है। जब वायुमंडल का दबाव बहुत कम हो जाता है तब आंधी आने या वर्षा होने-

की सम्भावना होती है। इसी तरह जब दवाव बहुत अधिक हो जाता है तब वायुमंडल बहुत सूखा समझा जाता है।

चित्र ६२ में वायु-भार-मानके भीतरी अंग दिखलाये गये हैं जिनके द्वारा सुई पारेके चढ़ने उतरनेपर घूमती है और ऋतु-परिवर्तनकी सूचना देती है।

दवावके कम पड़नेके कारण हवाका पतली होना या हवामें जल-वाष्पका अधिक होना या ये दोनों हैं। यदि जलवाष्प अधिक हुआ तो वर्षा होती है और जब हवा सूखी और पतली होती है तब ज़ोरकी आन्धी आती है। यह बात तापपरिवाहनके साथ बतलायी जा चुकी है कि जब हवा तापके कारण पतली होकर ऊपर जाती है तब आसपासकी ठंडी और भारी हवा वेगसे उस स्थानमें आजाती है। यदि हवा सूखी और ठंडी हुई तो इसका दवाव अत्यन्त अधिक होता है। यही कारण है कि दिसम्बर जनवरी के महीनेांमें वायु-भार-मानके पारेकी ऊंचाई सबसे अधिक होती है और जून, जुलाईके महोनेांमें सबसे कम।

वायु-भार-मान और अन्य बहुतसे यन्त्रोंके सहारे ऋतु-परिवर्तन इत्यादिका पता लगाना और उनसे कृषि-संबंधी कार्य्योंके समझनेकी कुशलता प्राप्त करना ऐसी गम्भीर और उपयोगी विद्या है कि इसका पूरी विवेचना करनेमें कई पुस्तकें तयार हो सकती हैं। इसलिए यहां उसका थोड़ासा ही दिग्दर्शन कराया गया है।

पहाड़ोंकी ऊंचाई नापना—वायु-भार-मानसे वायुमंडलके दवावका पता चलता है। इस दवावका कारण उस वायुका बोझा है जो पारातलको दबा रही है। यह वायु ५० या २,०० मीलकी

ऊंचाईतक फैली हुई है। इसलिए यदि यह ऊंचाई किसी तरह कम हो जाय तो वायुका दबावभी कम पड़ जायगा। सैकड़ों प्रयोगों द्वारा यह सिद्ध किया जा चुका है कि ज्यों ज्यों ऊपर चढ़ते जाते हैं पारेकी ऊंचाई कम होती जाती है। मोटे हिसाबसे यह कहा जा सकता है कि प्रति ६०० फुट ऊंचाईके चढ़ावमें १ इंच पारा नीचे खसक आता है। इसी प्रकार ९०० फुट नीचे जानेमें पारा १ इंच ऊपर चढ़ जाता है। समुद्रके समस्थलमें पारेकी ऊंचाई साधारण तापक्रमपर ३० इंच होती है। इस मोटे हिसाबसे पहाड़ोंकी ऊंचाईका भी पता चल सकता है।

यह स्मरण रखना चाहिए कि यह हिसाब बहुत ही मोटा है। कुछ दूरतक तो ठीक ठीक ऊंचाईका पता चल सकता है किन्तु बहुत ऊपर हवाके बहुत पतले हो जानेसे और ही हिसाब लगाना पड़ता है।

अनार्द्र वायु भार मान—लचीली धातुकी चद्दरोंका एक प्रकारका वायु-भार-मान बनाया जाता है। इसमें पारा भरनेकी आवश्यकता नहीं पड़ती इसलिए एक स्थानसे दूसरे स्थानको ले जानेमें आसानी पड़ती है। ज्यों ज्यों वायुका दबाव बढ़ता जाता है चद्दर दबती जाती है और उसमें पेचों द्वारा लगी हुई सुई घूमती जाती है। इसी तरह दबावके कम होनेसे चद्दर उठती जाती है और सुई उलटी घूमने लगती है। ऐसे यन्त्रको अनार्द्र-वायु-भार-मान (Aneroid Barometer) कहते हैं।

अभ्यासार्थ प्रश्न—२१

(१) यदि पारेके स्थानमें पानी या ग्लिसरीन प्रयोग किया ... भार-मानकी ऊंचाई ... ग्लिसरीन

(२) किसी ऐसे प्रयोगका वर्णन करो जिससे सिद्ध हो कि हवामें दबाव होता है।

(३) यदि वायु-भार-मानकी नलीके बन्द सिरेको खोल दिया जाय तो क्या घटना होगी?

(४) वायु-भार-मानसे क्या क्या काम लिये जा सकते हैं! जो कुछ जानते हो पूरी तरह समझा कर लिखो।

(५) किन किन कारणोंसे पारेकी ऊंचाई वायु-भार मानमें कम हो जाती है। उनको स्पष्ट लिखो।

(६) क्या दबावके कम पड़ जानेसे वायवीय पदार्थ फैलते हैं? यदि कोई प्रयोग इस बातकी पुष्टिमें जानते हो तो उसको भी लिखो।

(७) हवाका दबाव क्यों नहीं मालूम पड़ता?

(८) एक वक्र कांचकी नली गैसके कुन्डके एक छेदमें लगी हुई है। इस नलीमें पारा भरा हुआ है। किन चिह्नोंसे यह प्रकट होता है कि कुन्डमें भरी हुई गैसका दबाव वायुमंडलके दबावसे अधिक है?

(३) .००१३५ व०मी० (४) १५०३ व० सें० मी०
(५) .०८७ व०डे०मी० (६) ७९६.०६ व० सें० मी०
(७) १३३६५१ व० मि० मी० (८) $\frac{११३}{१४४}$ वर्ग गज़
(९) ३० वर्ग गज़ ५ वर्ग फुट (१०) ३ $\frac{७}{१२९६}$ वर्ग गज

५ [पृष्ठ ३५, ३६]

(१) १०० व० सें० मी०
(२) [१] ९००० व० सें० मी०, [२] ३.४५ व०फु०, [३] १६$\frac{१३}{३६}$ व
(३) [१] २२५.७ डे० मी० [२] २० फुट
(४) १५०० व० फु० (५) ११७ पेड़ (६) २८ टुकड़े; $\frac{४१}{२१६}$
(७) २३ रु० ६ आ० ४$\frac{४}{५}$ पा० (८) २५४ व० मी० (९) १
१ आ० ८ पा०

६ [पृष्ठ ४०]

(३) ८४८ व० सें० मी० : १३५ व० फु० : ३ व० ग० ३ व० फु०
व० इं०
(४) १७.४१ व० सें० मी०

७ [पृष्ठ ४४, ४५]

(१) [१] ६.६१६ व०फुट : [२] ३१४ व० डे० मी० [३] ११६७६ वर्ग
मी० [४] ३०५८.६ व० मी०
(२) .९९२ (३) ८.१६५ फुट ; ५.७७ फुट
(४) जल्दी ; ७ मि० १९ सेकंड पहले भर जायगा। (५) ३२०८.६

८ [पृष्ठ ५३]

(१) २५०० घन गज (२) २४ (३) ९३७$\frac{१}{२}$ मन
(४) ११५० घ० फु०